



DISERTASI – MT 093350

**PENGEMBANGAN MODEL TERINTEGRASI
BERBASIS THEORY OF CONSTRAINTS UNTUK
MENINGKATKAN KINERJA SISTEM
TRANSPORTASI LAUT: STUDI KASUS PT X**

**MULYONO
NRP 4111301005**

**Promotor : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D.
Co-Promotor : Ir. Tri Achmadi, Ph.D.**

**PROGRAM DOKTOR
PROGRAM PASCA SARJANA TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2017**



DISERTASI – MT 093350

**PENGEMBANGAN MODEL TERINTEGRASI
BERBASIS THEORY OF CONSTRAINTS UNTUK
MENINGKATKAN KINERJA SISTEM
TRANSPORTASI LAUT: STUDI KASUS PT X**

**MULYONO
NRP. 4111301005**

**Promotor : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D.
Co-Promotor : Ir. Tri Achmadi, Ph.D**

**PROGRAM DOKTOR
PROGRAM PASCA SARJANA TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2017**



DISERTASI – MT 093350

**PENGEMBANGAN MODEL TERINTEGRASI
BERBASIS THEORY OF CONSTRAINTS UNTUK
MENINGKATKAN KINERJA SISTEM
TRANSPORTASI LAUT: STUDI KASUS PT X**

**MULYONO
NRP. 4111301005**

**Promotor : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D.
Co-Promotor : Ir. Tri Achmadi, Ph.D**

**PROGRAM DOKTOR
PROGRAM PASCA SARJANA TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2017**

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

PENGEMBANGAN MODEL TERINTEGRASI BERBASIS THEORY OF CONSTRAINTS UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SISTEM TRANSPORTASI LAUT: STUDI KASUS PT X

Disertasi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
DOKTOR (Dr)

Di Insititut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) – Surabaya

Oleh:
MULYONO
NRP 4111 301 005

Tanggal Ujian: 26 Januari 2017
Periode Wisuda: Maret 2017

Disetujui oleh Tim Penguji Disertasi:

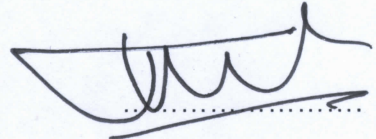
1. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D (Promotor)

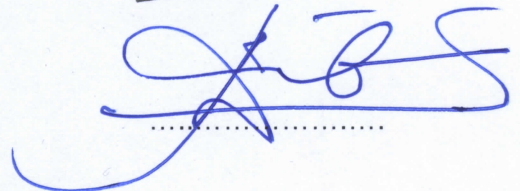
2. Ir. Tri Achmadi, Ph.D (Co-Promotor)

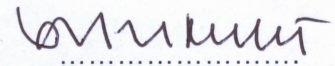
3. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D (Penguji Internal)

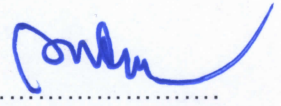
4. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyo, M.Sc.Eng (Penguji Internal)

5. Dr. Ir. Nyoman Budiarta, M.Sc (Penguji Eksternal)

.....


.....


.....


.....


a.n Direktur Program Pascasarjana
Asisten Direktur



Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng
NIP. 19611021 198603 1 001

PENGEMBANGAN MODEL TERINTEGRASI BERBASIS THEORY OF CONSTRAINTS UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SISTEM TRANSPORTASI LAUT: STUDI KASUS PT X

Nama mahasiswa : Mulyono
NRP : 4111301005
Promotor : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D.
Co-Promotor : Ir. Tri Achmadi, Ph.D

ABSTRAK

Sea transport cost merupakan salah satu komponen yang berdampak besar bagi perekonomian, sehingga beberapa peneliti tertarik untuk menemukan cara-cara baru guna meningkatkan produktivitas dan efisiensinya. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian yang telah dilakukan masih berfokus terhadap solusi *local optimum*, orientasi jangka pendek, dan belum mengintegrasikan variabel strategis dan operasional dari sistem transportasi laut secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model terintegrasi berbasis TOC dengan mengintegrasikan komponen dari sistem transportasi laut yang mencakup alat angkut, sistem manajemen, dan infrastruktur. Studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah PT. X yang merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang usaha minyak dan gas bumi baik di sektor hulu hingga hilir. Pada penelitian ini dilakukan pendefinisian dan perumusan ulang *goal* dari sistem transportasi laut serta dilakukan penerjemahan beberapa terminologi TOC seperti *Throughput*, *Inventory*, *Operating Expense*, *Productivity*, dan *Net Benefit* pada konteks transportasi laut. Penelitian mengembangkan model berbasis *process map*, uji statistic, dan *cost-utilization* diagram untuk mengidentifikasi *constraint* transportasi laut. Untuk meningkatkan kinerja sistem, penelitian juga mengembangkan model simulasi dan evaluasi berbasis kinerja operasional dan finansial. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *constraint* yang terdapat pada sistem transportasi laut di PT. X adalah terbatasnya kapasitas *jetty*, *cargo pump*, dan *port draft*. *Constraint* tersebut dapat diidentifikasi setelah dilakukan standarisasi satuan komponen-komponen sistem distandardkan menjadi KL/hari. Apabila kapasitas *constraint* tidak ditingkatkan, biaya *congestion* yang disebabkan oleh keterbatasan *jetty*, *deadfreight* akibat limitasi *port draft*, dan *slow pumping* akibat keterbatasan *cargo pump* akan membebani kinerja operasional dan finansial PT. X. Untuk jangka pendek, solusi terbaik diperoleh jika PT. X meningkatkan kapasitas *jetty* dari 2 unit menjadi 3 unit, meningkatkan kapasitas *draft* melalui *dredging* dari 4.5 Meter menjadi 6 Meter, dan meningkatkan kapasitas *cargo pump* dari 500 KL/Jam menjadi 550 KL/Jam. *Productivity ratio* untuk skenario ini adalah 0.01825 dengan *net profit* sebesar 13 Miliar Rupiah. Untuk jangka panjang, solusi terbaik diperoleh jika PT. X meningkatkan kapasitas *jetty* menjadi 5 unit, kapasitas *draft* menjadi 6 Meter, dan *cargo pump* menjadi 550 KL/Jam. *Productivity ratio* untuk skenario ini adalah 0.0231 dengan *net profit* sebesar 373 Miliar Rupiah.

Kata kunci: theory of constraint, sea transport cost, sistem transportasi laut, model terintegrasi, optimasi, productivity ratio, net profit

PENGEMBANGAN MODEL TERINTEGRASI BERBASIS THEORY OF CONSTRAINTS UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SISTEM TRANSPORTASI LAUT: STUDI KASUS PT X

Author : Mulyono, S.T., M.T.
Reg. number : 4111301005
Promotor : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D.
Co-Promotor : Ir. Tri Achmadi, Ph.D

ABSTRACT

Marine transportation system is a system that involves a huge amount of cost, thus attracting the interest of many researchers to improve the performance of the system. Although many studies have been conducted in that subject, most of the existing studies are still reviewing the components of marine transportation system as a partial, short-term oriented, and focused on one level performance measures. This research aims to develop and integrated model based on TOC principle to resolve the issue in the marine transportation system. The model integrates several components of the marine transport system, including vessels, management systems, and infrastructure. The case study used in this research is PT. X which is a company engaged in the business of oil and gas in both the upstream and downstream sectors. In this research, goal of the marine transport system in PT. X and several TOC terminologies in such as Throughput, Inventory, Operating Expense, Productivity and Net Benefit are reformulated. Constraint identification activity is carried out by combining process map analysis, statistical tests based on linear regression, and load analysis by using Cost-Utilization Diagram. Once the constraint is identified, constraint-based performance improvement activity in the short term and long term-based simulations are performed based on simulation method. The result of this research showed that constraints of marine transportation which limit the efficiency in PT. X are jetty, cargo pump, and port draft. Constraints can be identified after the unit of measure of system components have been standardized into a cargo volume per unit of time or KL/day. If the capacity of the constraints is not improved, the congestion cost caused by jetty limitation, the deadfreight cost due to port draft limitation, and the slow pumping inefficiency due to cargo pump limitation will increasingly burden the operating costs and lowered the productivity of PT. X. For short term, the best solution is obtained if PT. X increases the jetty capacity from 2 units to 3 units, the capacity of port draft through dredging from 4.5 meters to 6 meters, and the cargo pump capacity from 500 KL pump / hour to 550 KL / hour. Productivity ratio for this scenario is 0.01825 and net profit is 13 Billion Rupiah. For the long term, the best solution is obtained if PT. X increases the jetty capacity to 5 units, capacity of port draft to 6 meters and capacity of cargo pump to 550 KL/hour. Productivity ratio for this scenario is 0.0231 and net profit is 373 Billion Rupiah.

Keyword: theory of constraint, sea transport cost, marine transportation system, integrated model, optimization, productivity ratio, net profit

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin. Segala puji hanya bagi Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya sehingga disertasi ini dapat diselesaikan dengan judul **“PENGEMBANGAN MODEL TERINTEGRASI BERBASIS THEORY OF CONSTRAINTS UNTUK MENINGKATKAN KINERJA SISTEM TRANSPORTASI LAUT: STUDI KASUS PT X”**. Disertasi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat akademik kelulusan Program Doktorat di Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Studi doktoral kami tidak mungkin akan berhasil tanpa adanya bantuan yang penulis peroleh, baik berupa doa, petunjuk, bimbingan, nasihat, motivasi, serta fasilitas lain. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Bapak Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D dan Bapak Ir. Tri Achmadi, Ph.D selaku tim pembimbing diertasi yang telah menyediakan banya sekali waktu, tenaga dan pikiran untuk keberhasilan disertasi dengan memberikan bimbingan berupa saran dan masukan serta motivasi untuk menyelesaikan studi ini
2. Tim penguji yaitu Bapak Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D, Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyo, M.Sc.Eng, dan Bapak Dr. Ir. Nyoman Budiarta, M.Sc
3. Bapak Dr. Raja Oloan Saut Gurning beserta segenap staf pengelola Program Pascasarjana Teknik Kelautan (PPSTK) ITS.
4. Istriku Primarini yang telah menemani dan sumber motivasi selama studi ini berlangsung
5. Kedua putraku, yang merupakan sumber inspirasi dan penghibur ayah ketika jenuh dalam mengerjakan disertasi
6. Seluruh keluarga besarku yang selalu memberikan dukungan dan doa

Penulis menyadari bahwa selama masa penelitian dan penyusunan laporan ini, masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis memohon saran dan kritik dari berbagai pihak yang bersifat membangun, sebagai bahan perbaikan dimasa yang akan datang. Semoga disertasi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 <i>Research Question</i>	7
1.4 Tujuan.....	9
1.5 Batasan Pembahasan	9
1.6 Kontribusi dan Originalitas	10
1.7 Hipotesis.....	11
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Kajian Literatur	13
2.1.1 <i>Review</i> Penelitian yang Mengkaji Faktor-Faktor yang Menentukan Besar Kecilnya <i>Shipping Cost</i>	13
2.1.2 <i>Review</i> Penelitian untuk Menurunkan <i>Shipping Cost</i> Melalui Optimasi Penjadwalan dan Optimasi Penentuan Rute.....	19
2.1.3 <i>Review</i> Penelitian untuk Menurunkan <i>Shipping Cost</i> Melalui Optimasi <i>Port</i>	21
2.1.4 Keterbatasan Metode-Metode Optimasi Eksisting.....	21
2.1.5 Posisi Penelitian Dibandingkan dengan Beberapa Penelitian Sebelumnya ..	22
2.2 Kerangka Teori.....	23
2.2.1 Komponen Shipping Cost	23
2.2.2 Ukuran Produktivitas dan Efisiensi Pengangkutan	26
2.2.3 Pemilihan TOC sebagai <i>Tools</i> untuk Menyelesaikan Permasalahan pada Sistem Angkutan Laut.....	28
2.2.4 Implementasi TOC	30

2.3	<i>Theory of Constraint</i>	35
2.3.1	Pengertian <i>Theory of Constraint</i>	35
2.3.2	Jenis-Jenis Constraint pada TOC	35
2.3.3	Peningkatan Kinerja Sistem Berbasis Konsep TOC	38
2.3.4	Cabang Implementasi TOC	40
2.3.5	Metode Peningkatan Kinerja Sistem Berbasis TOC	42
2.4	Dasar Pengambilan Strategi Bisnis	51
2.5	Pemilihan TOC sebagai <i>Tools</i> Perumusan Strategi Perusahaan.....	53
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	55
3.1	Perumusan Konsep Penelitian	55
3.2	Adaptasi Kerangka <i>The Process of Ongoing Improvement</i> (POOGI) pada TOC di Sistem Pengangkutan Laut.....	56
3.3	Konsep Integrasi Sistem Angkutan Laut Berbasis TOC	59
3.4	Aplikasi Tahap <i>Define The System's Goal</i> pada TOC	61
3.5	Aplikasi Tahap Penentuan <i>Performance Measurement</i> pada TOC.....	61
3.6	Aplikasi Tahap <i>Identify the System's Constraint</i>	62
3.6.1	Pemodelan Sistem Transportasi Laut Eksisting.....	62
3.6.2	Analisis Faktor Dominan Yang Mempengaruhi Pencapaian Tujuan Sistem	70
3.6.3	Identifikasi <i>Constraint</i> dari Sistem Transportasi Laut	75
3.7	Aplikasi Tahap <i>Exploit the System's Constraint</i> dan <i>Subordinate System's Resources</i> pada TOC.....	77
3.8	Aplikasi Tahap <i>Elevate the Constraint</i> pada TOC	79
3.9	Pengukuran Hasil <i>Improvement</i>	84
3.10	Penyusunan Rasio Efisiensi Investasi untuk Memilih Solusi Optimum.....	85
BAB 4	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	87
4.1	Studi Kasus.....	87
4.1.1	Deskripsi Studi Kasus	87
4.1.2	Dasar Pemilihan Studi Kasus	87

4.1.3	Pola Pengangkutan Laut di PT X	88
4.1.4	Jenis Cargo Yang Diangkut	88
4.1.5	Volume Cargo yang Diangkut	88
4.1.6	Kapal yang Dioperasikan	89
4.1.7	Pelabuhan Yang Dioperasikan	91
4.1.8	Data Pengangkutan Kapal Tipe Small Tanker II dengan Cargo White Oil ..	93
4.2	<i>Define The System's Goal</i> pada TOC	94
4.3	Penentuan <i>Performance Measurement</i> pada TOC	97
4.3.1	Ukuran Kinerja Operasional	97
4.3.2	Ukuran Kinerja Strategis	99
4.4	<i>Identify the System's Constraint</i>	100
4.4.1	Pemodelan Sistem Transportasi Laut Eksisting	100
4.4.2	Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Tujuan Sistem	111
4.4.3	Identifikasi <i>Constraint</i> dari Sistem Transportasi Laut	115
4.4.4	Kondisi Eksisting <i>Constraint</i> Sistem Transportasi Laut di PT. X	119
4.4.5	Analisis Dampak Dari <i>Constraint</i> Terhadap Kinerja Sistem Transportasi Laut di PT. X	124
4.5	Aplikasi Tahap <i>Exploit the System's Constraint</i> dan <i>Subordinate System's Resources</i> pada TOC	127
4.6	Aplikasi Tahap <i>Elevate the Constraint</i> pada TOC	131
4.6.1	Ekspansi <i>Constraint</i> Jetty	131
4.6.2	Ekspansi <i>Constraint</i> Kapasitas <i>Port Draft</i>	150
4.6.3	Ekspansi <i>Constraint</i> Kapasitas <i>Cargo Pumping</i>	168
4.7	Penggunaan Rasio Efisiensi Investasi untuk Memilih Solusi Optimum	190
4.7.1	REI untuk Mengevaluasi Skenario <i>Constraint Elevation</i> Tunggal	190
4.7.2	Evaluasi Skenario <i>Constraint Elevation</i> Jangka Pendek Secara Agregat ...	192
4.7.3	Evaluasi Skenario <i>Constraint Elevation</i> Jangka Panjang Secara Agregat ..	194

4.8 Dampak Solusi Terbaik Terhadap Pasar Sistem Transportasi Laut Secara Luas.....	196
BAB 5 PENUTUP	199
5.1 Kesimpulan.....	199
5.2 Saran.....	203
DAFTAR PUSTAKA	205
LAMPIRAN.....	209
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	214

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Struktur Biaya Container Shipping (Lim, 1994).....	24
Tabel 2.2 Struktur Biaya Liner Shipping (Stopford, 2004)	24
Tabel 3.1 Kerangka Solusi	59
Tabel 3.2 Dataset Penyusunan Model <i>As-is</i> Sistem Transportasi Laut.....	63
Tabel 3.3 Kandidat Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Transportasi Laut	70
Tabel 3.4 Hasil Breakdown Faktor <i>Port Efficiency</i>	71
Tabel 3.5 Checklist Kandidat Faktor yang Akan Diuji.....	73
Tabel 3.6 Dataset Operasional Pengangkutan Sebagai Input Model Regresi Linear	74
Tabel 3.7 Template Validasi Model.....	85
Tabel 4.1 Tipe Kapal yang Dioperasikan.....	90
Tabel 4.2 Hasil Konversi <i>Unit of Measure</i> dari Proses-Proses Sistem Transportasi Laut	105
Tabel 4.3 Distribusi Proses pada Sistem Transportasi Laut.....	105
Tabel 4.4 Statistik Deskriptif Realisasi Port Time Small Tanker 2 di X	107
Tabel 4.5 Statistik Deskriptif Realisasi <i>Sea Time</i> Kapal Small Tanker 2 dari Plaju ke X	108
Tabel 4.6 Statistik Deskriptif Kedatangan Kapal Small Tanker 2 di PT. X Per Hari	110
Tabel 4.7 Perbandingan Antara Prediksi dan Realisasi Distribusi Kedatangan Kapal <i>Small Tanker II</i> di X Dalam Waktu Tiga Tahun	111
Tabel 4.8 <i>Effect Size</i> Variabel-Variabel yang Mempengaruhi Produktivitas Pengangkutan Laut	114
Tabel 4.9 Pemetaan Faktor Dominan Yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Pengangkutan Beserta Sumber Daya Terkait.....	116
Tabel 4.10 Data Biaya Sumber Daya	117
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Jetty Occupancy Rate Terakhir di Port X.....	117
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Utilisasi Cargo Pump di Pelabuhan X.....	118
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Utilisasi <i>Port Draft</i> di Pelabuhan X	118
Tabel 4.14 Data Utilisasi Sumber Daya	118
Tabel 4.15 Average Daily of Throughput dan <i>Safe Capacity</i>	120
Tabel 4.16 Supply Alat Angkut untuk Memenuhi Demand Pengangkutan.....	120
Tabel 4.17 Data <i>Congestion</i>	120
Tabel 4.18 Data Kapal dengan Kapasitas 3,500 LTDW yang Dioperasikan PT. X	121
Tabel 4.19 Ruang Muat Tidak Terutilisasi akibat Draft Limitation	122

Tabel 4.20 Data <i>Cargo Pump</i> untuk Kapal dengan Bobot Kurang Lebih 3,500 LTDW yang Dioperasikan PT. X.....	122
Tabel 4.21 Ruang Muat Tidak Terutilisasi akibat Keterbatasan Pompa Darat.....	124
Tabel 4.22 Throughput Pengangkutan	125
Tabel 4.23 Operating Expense Eksisting di PT. X	125
Tabel 4.24 Produktivitas Pengangkutan Eksisting di PT. X.....	126
Tabel 4.25 Kapasitas Ruang Muat Kapal Eksisting di PT. X	127
Tabel 4.26 <i>Inventory</i> Ruang Muat Kapal Eksisting di PT. X	127
Tabel 4.27 <i>Inventory</i> Jetty Eksisting di PT. X.....	127
Tabel 4.28 Perubahan <i>Operating Expense</i> Jika Dilakukan Ekspansi Jetty	134
Tabel 4.29 Perubahan <i>Productivity Ratio</i> Jika Dilakukan Ekspansi Jetty	134
Tabel 4.30 Perubahan <i>Inventory</i> Apabila Dilakukan Ekspansi Jetty	135
Tabel 4.31 Rekapitulasi Dampak Operasional Peningkatan Kapasitas Jetty	136
Tabel 4.32 Net Profit Ekspansi Jetty	137
Tabel 4.33 Hasil Simulasi Cost Benefit Analysis Kegiatan Ekspansi Jetty.....	138
Tabel 4.34 Data Historis Pertumbuhan <i>Demand</i> Energi (ESDM, 2013)	139
Tabel 4.35 Hasil Proyeksi dan Simulasi <i>Congestion</i> dengan Fungsi Poisson dan Distribusi Erlang Berbasis Pertumbuhan <i>Demand</i> Pengangkutan.....	140
Tabel 4.36 Proyeksi Pertumbuhan <i>Throughput</i> Pengangkutan.....	141
Tabel 4.37 Hasil Simulasi <i>Operating Expense</i> di PT X dengan Pertumbuhan <i>Demand</i> Pengangkutan	142
Tabel 4.38 Hasil Simulasi Perhitungan <i>Productivity Ratio</i> di PT X dengan Pertumbuhan <i>Demand</i> Pengangkutan.....	142
Tabel 4.39 Hasil Simulasi Perhitungan <i>Productivity Ratio</i> di PT. X.....	143
Tabel 4.40 Hasil Simulasi <i>Inventory</i> Kapal di PT. X dengan Ekspansi Jetty	146
Tabel 4.41 Rekapitulasi Dampak Operasional Peningkatan Kapasitas Constraint Jetty ..	146
Tabel 4.42 Parameter Ekspansi Kapasitas Jetty	148
Tabel 4.43 Hasil Analisis Keekonomian Pengembangan 1 <i>Jetty</i>	148
Tabel 4.44 Hasil Analisis Keekonomian Pengembangan Dua Unit Jetty	149
Tabel 4.45 Hasil Analisis Keekonomian Pengembangan Tiga Unit Jetty	149
Tabel 4.46 Rekapitulasi Ukuran Kinerja Strategis Kegiatan Pengembangan Jetty	150
Tabel 4.47 Kondisi <i>Constraint</i> Sistem Angkutan Laut di PT. X Pasca Ekspansi Jetty	151
Tabel 4.48 Hasil Simulasi Ekspansi Constraint Port Draft	152

Tabel 4.49 Biaya Tidak Terutilisasinya Ruang Muat	153
Tabel 4.50 <i>Operating Expense</i> Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi Jetty dan Port Draft Sekaligus	154
Tabel 4.51 <i>Productivity Ratio</i> Hasil Ekspansi Port Draft	155
Tabel 4.52 Inventory Hasil Ekspansi Port Draft	155
Tabel 4.53 Rekapitulasi Dampak Operasional Peningkatan Kapasitas Jetty dan Port Draft	156
Tabel 4.54 <i>Net Benefit</i> Ekspansi Port Draft	157
Tabel 4.55 <i>Cost Benefit Ratio</i> Ekspansi Jetty dan Port Draft	158
Tabel 4.56 Hasil Proyeksi dan Simulasi Ekspansi Port Draft Berbasis Pertumbuhan <i>Demand</i> Pengangkutan.....	158
Tabel 4.57 <i>Operating Expense</i> Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi Jetty dan Port Draft Sekaligus	161
Tabel 4.58 <i>Productivity Ratio</i> Hasil Ekspansi Port Draft	162
Tabel 4.59 Inventory Hasil Ekspansi Port Draft	163
Tabel 4.60 Rekapitulasi Dampak Operasional Peningkatan Kapasitas Jetty dan Port Draft	163
Tabel 4.61 <i>NPV</i> Ekspansi Port Draft	165
Tabel 4.62 <i>IRR</i> Ekspansi Jetty dan Port Draft.....	165
Tabel 4.63 <i>REI</i> Ekspansi Jetty dan Port Draft.....	166
Tabel 4.64 Rekapitulasi Ukuran Kinerja Strategis Kegiatan Pengembangan Jetty dan Port Draft	167
Tabel 4.65 Kondisi <i>Constraint</i> Sistem Angkutan Laut di PT. X Pasca Ekspansi Jetty dan Port Draft.....	169
Tabel 4.66 Hasil Simulasi Ekspansi Constraint Pompa Darat	170
Tabel 4.67 Dampak Biaya Tidak Optimalnya Utilisasi Ruang Muat Akibat Keterbatasan Pompa Darat.....	171
Tabel 4.68 <i>Operating Expense</i> Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus.....	172
Tabel 4.69 <i>Operating Expense</i> Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus.....	173
Tabel 4.70 <i>Operating Expense</i> Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus.....	174

Tabel 4.71 <i>Productivity Ratio</i> Hasil Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat	174
Tabel 4.72 <i>Productivity Ratio</i> Hasil Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat	175
Tabel 4.73 <i>Productivity Ratio</i> Hasil Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat	175
Tabel 4.74 Inventory Hasil Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat.....	176
Tabel 4.75 Inventory Hasil Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat.....	177
Tabel 4.76 Inventory Hasil Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat.....	178
Tabel 4.77 <i>Net Benefit</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 1 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft	178
Tabel 4.78 <i>Net Benefit</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 2 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft	179
Tabel 4.79 <i>Net Benefit</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 3 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft	179
Tabel 4.80 <i>Cost Benefit Ratio</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 1 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft	180
Tabel 4.81 <i>Cost Benefit Ratio</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 2 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft	180
Tabel 4.82 <i>Cost Benefit Ratio</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 1 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft	180
Tabel 4.83 <i>Cost Benefit Ratio</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 2 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft	181
Tabel 4.84 <i>Cost Benefit Ratio</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 3 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft	181
Tabel 4.85 Dampak Biaya Tidak Optimalnya Utilisasi Ruang Muat Akibat Keterbatasan Pompa Darat	182
Tabel 4.86 <i>Operating Expense</i> Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus	182
Tabel 4.87 <i>Operating Expense</i> Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus	183
Tabel 4.88 <i>Operating Expense</i> Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus	184

Tabel 4.89 <i>Productivity Ratio</i> Hasil Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat	184
Tabel 4.90 <i>Productivity Ratio</i> Hasil Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat	185
Tabel 4.91 <i>Productivity Ratio</i> Hasil Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat	185
Tabel 4.92 <i>Net Benefit</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 3 Unit dan Port Draft 6 Meter	186
Tabel 4.93 <i>Net Benefit</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 4 Unit dan Port Draft 6 Meter	186
Tabel 4.94 <i>Net Benefit</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 5 Unit dan Port Draft 6 Meter	187
Tabel 4.95 <i>IRR</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 1 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	187
Tabel 4.96 <i>IRR</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 2 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	188
Tabel 4.97 <i>IRR</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 3 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	188
Tabel 4.98 <i>REI</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 1 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	189
Tabel 4.99 <i>REI</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 2 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	189
Tabel 4.100 <i>REI</i> Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 3 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Permasalahan Penelitian.....	7
Gambar 2.1 Faktor-Faktor yang Menentukan Besar Kecilnya Shipping Cost (Micco dan Perez, 2002).....	14
Gambar 2.2 Hubungan Antara Kecepatan, Ukuran, dan Biaya per Unit Kapal (Cullinane dan Khanna, 2000)	16
Gambar 2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Shipping Cost (Gkonis Psaraftis, 2004)..	17
Gambar 2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Shipping Cost (Gkonis Psaraftis, 2004)..	18
Gambar 2.5 Posisi Penelitian Dibandingkan Dengan Beberapa Penelitian Sebelumnya ...	23
Gambar 2.6 Struktur Biaya Shipping Hasil Penelitian (McConville, 1999).....	26
Gambar 2.7 <i>Throughput Accounting</i> Diadopsi dari (Goldratt dan Coxx, 1984)	30
Gambar 2.8 Kerangka Kerja Integrasi TOC dengan Six Sigma (Ehie dan Sheu, 2005)	32
Gambar 2.9 Contoh Rangkaian Proses pada Sistem Pelayanan Kesehatan (Breen et al, 2002)	39
Gambar 2.10 Cabang Implementasi TOC Beserta Beberapa <i>Tools</i> Pendukung (Groop, 2012)	41
Gambar 2.11 Langkah-Langkah Implementasi TOC Sesuai The Process of Ongoing Improvement (Groop, 2012)	43
Gambar 2.12 Cost-Utilization Diagram yang Diusulkan oleh (Ronan dan Spector, 1992) untuk Mengidentifikasi Constraint.....	45
Gambar 2.13 Contoh peran Drum, Rope dan Buffer (Groop, 2012)	47
Gambar 2.14 Hubungan antara CRT, CFD, dan CRT (Groop, 2012)	51
Gambar 2.15 Piramida Stategi (Porter, 1993).....	52
Gambar 3.1. Metodologi Penelitian	58
Gambar 3.2 Konsep Integrasi Sistem Transportasi Laut Berbasis TOC.....	60
Gambar 3.3 Kerangka Kerja Penentuan <i>Constraint</i> Sistem Transportasi Laut	62
Gambar 3.4 <i>Process Map</i> Level Umum Sistem Transportasi Laut di PT. X.....	66
Gambar 3.5 <i>Process Map</i> Level Detail Sistem Transportasi Laut di PT. X.....	67
Gambar 3.6 Kerangka Kerja Penyusunan Model <i>As-Is</i> Sistem Angkutan Laut	69
Gambar 3.7 Kerangka Kerja Identifikasi Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Pengangkutan.....	75
Gambar 3.8 <i>Cost/Utilization Diagram</i>	76
Gambar 3.9 Kerangka Kerja Identifikasi System's Constraint	77

Gambar 3.10 Kerangka Kerja Eksploitasi Constraint dan Subordinasi <i>System's Resource</i>	78
Gambar 3.11 Skenario <i>Constraint Elevation</i>	84
Gambar 4.1 Perkembangan Volume Cargo yang Diangkut.....	89
Gambar 4.2 Komposisi Cargo Yang Diangkut Berdasar Kelompok Produk.....	89
Gambar 4.3 Perkembangan Jumlah Kapal yang Dioperasikan PT X	90
Gambar 4.4 Perkembangan Jumlah Kapal dan Hari Pengoperasian Kapal	91
Gambar 4.5 Sebaran Geografis Pelabuhan di Indonesia	91
Gambar 4.6 Porsi <i>Port Time</i> Terhadap Hari Operasi Seluruh Kapal	92
Gambar 4.7 Perkembangan Jumlah Kapal <i>Small Tanker II</i> Milik Pertamina Untuk Angkutan Laut Kargo Kelompok <i>White Oil</i>	93
Gambar 4.8 Realisasi Penggunaan Kapal Pada Angkutan Laut Kargo Kelompok <i>White Oil</i>	94
Gambar 4.9 Pola Operasional Pengangkutan pada PT X.....	104
Gambar 4.10 Standard Proses dan Waktu Eksekusi Aktivitas Discharge Kapal S II di Port X.....	106
Gambar 4.11 Distribusi Port Time Small Tanker 2 di PT X.....	107
Gambar 4.12 Realisasi Sea Time Kapal Tipe <i>Small Tanker II</i> dari Plaju ke X	108
Gambar 4.13 Realisasi Kedatangan Kapal <i>Small Tanker II</i> di X.....	110
Gambar 4.14 <i>Model Summary</i> Hasil Running Persamaan Regresi Linear	113
Gambar 4.15 Tabel ANOVA Hasil Running Persamaan Regresi Linear	113
Gambar 4.16 Koefisien Hubungan Produktivitas Pengangkutan dengan <i>Independent Variables</i>	114
Gambar 4.17 Hasil Pengolahan <i>Process Map</i> Sistem Transportasi Laut di PT. X.....	115
Gambar 4.18 Diagram Cost/Utilization Sumber Daya Sistem Pengangkutan Laut PT X	119
Gambar 4.19 Deskripsi Depot.....	119
Gambar 4.20 Kondisi Eksisting Jetty di Pelabuhan X	120
Gambar 4.21 <i>Process Map</i> dan Kapasitas Sumber Daya di Sistem PT. X.....	129
Gambar 4.22 Simulasi Utilisasi <i>Constraint</i> Jetty di PT. X	129
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Kedatangan Kapal dan Pelayanan Kapal	130
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Optimasi Utilisasi Jetty	130
Gambar 4.25 Hasil Simulasi <i>Congestion</i>	133
Gambar 4.26 Rasio Efisiensi Investasi Constraint.....	191
Gambar 4.27 Radar Chart <i>Constraint Elevation</i> yang Dilakukan Secara Tunggal.....	192

Gambar 4.28 Grafik Evaluasi Skenario <i>Constraint Elevation</i> Jangka Pendek Secara Agregat.....	193
Gambar 4.29 Grafik Evaluasi Skenario <i>Constraint Elevation</i> Jangka Panjang Secara Agregat.....	195

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sea transport cost merupakan salah satu komponen yang berdampak besar bagi perekonomian baik untuk skala makro maupun mikro. Pada skala makro, peningkatan *sea transport cost* sebesar 10% dapat berdampak pada penurunan volume perdagangan dunia sebesar 20% (Limao dan Venables, 2000). Sejalan dengan hal tersebut, peningkatan *sea transport cost* dapat menyebabkan turunnya tingkat pertumbuhan ekspor dan *Growth Domestic Product* suatu negara (Redelet dan Sachs, 1998). Dari sisi mikro, *sea transport cost* juga berpengaruh besar terhadap harga perolehan suatu produk yang pada akhirnya akan menentukan tingkat *business competitiveness* suatu perusahaan.

Sehubungan dengan besarnya dampak dari biaya transportasi laut terhadap pertumbuhan perekonomian dunia maupun bisnis, beberapa peneliti mulai tertarik untuk menemukan cara-cara baru guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi pada sistem transportasi laut. Dari sisi kapal, beberapa penelitian telah dilakukan untuk menemukan desain, mesin, spesifikasi, dan beberapa aspek lain yang membuat kapal lebih efisien dari segi biaya. Dari segi manajemen, beberapa penelitian terkait metode penentuan rute, penjadwalan, alokasi kapal, dan lain-lainnya telah banyak dilakukan untuk menciptakan sistem transportasi yang lebih produktif dan lebih efisien. Sejalan dengan hal tersebut, beberapa peneliti lain juga telah melakukan studi terkait pengembangan infrastruktur transportasi laut dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pengangkutan.

Meskipun jumlah penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dari sistem transportasi laut telah banyak, sebagian besar dari penelitian yang ada masih berfokus terhadap solusi *local optimum*, berorientasi jangka pendek, dan belum secara komprehensif mengintegrasikan variabel strategis dan operasional dari sistem transportasi laut. Saat ini, jumlah penelitian yang ditujukan untuk mengoptimalkan biaya transportasi laut dengan cara meninjau kapal, manajemen, dan infrastruktur sebagai suatu kesatuan komponen pembentuk sistem transportasi laut masih terbatas. Sebagian besar penelitian meninjau komponen-komponen dari sistem transportasi laut secara parsial.

Apabila dilakukan secara parsial, kegiatan optimasi dari komponen sistem transportasi laut cenderung memberikan solusi *local optimum*. Sebagai contoh, optimasi

yang ditujukan untuk meningkatkan kecepatan dan kapasitas angkut kapal sebagian besar didasarkan pada asumsi bahwa kecepatan dan kapasitas angkut tersebut ke depannya dapat diutilisasi secara maksimal di sistem pengangkutan yang nyata. Kapal yang cepat dan memiliki kapasitas angkut banyak memang akan memiliki produktivitas pengangkutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kapal yang lebih lambat dan memiliki kapasitas angkut lebih kecil. Meskipun demikian, pada praktiknya kecepatan dan kapasitas angkut kapal belum tentu dapat diutilisasi sampai pada titik maksimalnya mengingat pada sistem nyata terdapat beberapa batasan seperti alur pelayaran, *draft* pelabuhan, dan lain-lainnya yang menghambat kapal untuk dapat berlayar dengan kecepatan maksimal dan dimuati muatan sesuai dengan kapasitas angkutnya. Adanya beberapa faktor pada sistem yang membatasi tingkat utilisasi tersebut pada akhirnya turut membatasi produktivitas dan efisiensi pengangkutan. Upaya peningkatan kecepatan dan kapasitas angkut kapal yang dilakukan secara parsial belum tentu akan menghasilkan penurunan biaya transportasi laut secara global di sistem nyata.

Agar solusi penurunan biaya transportasi laut dapat efektif, saat ini upaya peningkatan efisiensi sistem perlu dilakukan dengan cara mempertimbangkan seluruh faktor-faktor yang membentuk sistem transportasi laut secara menyeluruh. Kegiatan *improvement* harus difokuskan pada faktor-faktor yang menjadi kendala utama dari sistem transportasi laut, sehingga penanganan yang dilakukan dapat efektif untuk meningkatkan kinerja sistem secara global.

Selain lingkup optimasi, beberapa penelitian yang telah dilakukan sebagian besar mengarah ke penurunan biaya transportasi laut dalam *time horizon* jangka pendek. Kegiatan optimasi penentuan rute, penjadwalan kapal, pemilihan kapal, dan lain-lainnya pada umumnya dibangun berdasarkan asumsi bahwa *demand* pengangkutan dan kapasitas infrastruktur bernilai tetap. Dalam praktik nyatanya, pada *time horizon* yang lebih panjang *demand* dan kapasitas infrastruktur sistem pengangkutan kenyataannya senantiasa berubah dari waktu ke waktu. Perubahan *demand* dan kapasitas pada sistem pengangkutan tersebut akan berpengaruh terhadap hasil eksekusi dari beberapa model optimasi yang ada.

Titik optimal dari biaya transportasi laut untuk jangka pendek dapat berbeda dari titik optimal dalam *time horizon* jangka panjang. Apabila fokus dari *improvement* sistem angkutan laut hanya dilakukan pada jangka pendek, solusi yang dihasilkan dapat menjadi tidak optimal bagi pihak-pihak yang berkepentingan terhadap sistem. Pada saat kapasitas

dari komponen sistem yang dipandang sebagai faktor *given* telah didayagunakan sampai pada titik maksimal, upaya peningkatan efisiensi tidak lagi dapat dilakukan. Kondisi yang berbeda dapat terjadi apabila komponen sistem yang selama ini dianggap sebagai faktor *given* ditingkatkan kapasitasnya melalui aktivitas investasi. Ketika peluang untuk meningkatkan kapasitas komponen sistem melalui investasi terbuka, titik optimal yang dapat dicapai dari upaya peningkatan efisiensi sistem dapat bergeser dari titik optimal yang bisa dilakukan melalui cara-cara optimasi konvensional.

Mempertimbangkan keterbatasan pada upaya-upaya peningkatan efisiensi sistem yang berorientasi jangka pendek, saat ini diperlukan penelitian untuk mengoptimalkan produktivitas dan efisiensi transportasi laut dengan cara baru yang tidak memandang kapasitas sistem sebagai faktor *given*, namun sebagai faktor yang nilainya dapat dibuka melalui aktivitas investasi. Dalam hal ini, fokus dari penelitian dapat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar investasi perlu dilakukan agar upaya peningkatan efisiensi sistem dapat optimal.

Dari aspek dimensi yang dikaji, sebagian besar upaya peningkatan efisiensi sistem yang telah dilakukan belum menyelaraskan dimensi strategis, taktikal, dan operasional sebagai suatu kesatuan ukuran kinerja sistem yang terintegrasi. Sebagai contoh, upaya yang difokuskan untuk mengoptimalkan utilisasi kapal pada umumnya tidak disertai dengan kajian mengenai dampak dari peningkatan utilisasi kapal tersebut terhadap penurunan biaya transportasi laut. *Improvement* yang hanya dilakukan pada tingkat kinerja operasional belum tentu menghasilkan solusi yang terbaik pada sistem transportasi laut.

Berdasarkan kondisi yang ada, saat ini masih diperlukan adanya penelitian dengan fokus untuk meningkatkan kinerja sistem transportasi laut mulai dari tingkat operasional yang selaras sampai dengan tingkat strategis. Dalam hal ini, pihak-pihak yang berkepentingan terhadap peningkatan kinerja sistem transportasi laut perlu untuk merumuskan ukuran kinerja global yang dapat diturunkan dan selaras sampai pada tingkat operasional.

TOC merupakan salah satu metodologi multi faset yang dikembangkan untuk membantu organisasi menganalisis permasalahan dan mengembangkan solusi untuk menyelesaikan permasalahan (Mabin dan Balderston, 2003). TOC mulai diperkenalkan pada awal tahun 1980-an oleh Eliyahu Goldrat ketika tetangganya meminta bantuannya untuk membuat program penjadwalan guna meningkatkan *output* dari sistem produksi.

Paket perangkat lunak yang disebut sebagai *Optimized Production Timetables* (OPT) tersebut merupakan program penjadwalan yang menjadi aplikasi pertama dari TOC. Berangkat dari program penjadwalan yang sederhana, saat ini TOC telah berevolusi menjadi *tools* manajemen yang dimanfaatkan pada sistem produksi, logistik, *problem solving*, dan *thinking process* (Watson, 2007). Filosofi bisnis TOC mulai menarik perhatian dari praktisi ketika Goldratt mempublikasikan “The Goal” pada tahun 1984.

TOC berbasis pada prinsip bahwa kinerja dari suatu sistem dibatasi oleh suatu *constraint*. Peningkatan kinerja dari *constraint* akan berdampak langsung terhadap kinerja dari sistem secara keseluruhan. Berdasarkan prinsip tersebut, upaya peningkatan kinerja berbasis TOC difokuskan pada identifikasi dan pengelolaan *constraint* dari sistem.

Upaya peningkatan kinerja sistem berbasis TOC melibatkan analisis faktor-faktor pembentuk sistem secara menyeluruh. Kegiatan identifikasi *constraint* yang merupakan salah satu tahap pada TOC melibatkan upaya untuk mengidentifikasi profil dan hubungan dari masing-masing komponen sistem serta pengaruhnya terhadap kinerja dari sistem secara keseluruhan. Berdasarkan hal ini, TOC menyediakan kerangka untuk menghasilkan solusi peningkatan kinerja secara solusi terbaik yang paling memungkinkan.

Dari aspek *time horizon*, kerangka kerja penanganan *constraint* yang terdapat pada TOC menyediakan panduan untuk merumuskan solusi yang optimal untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Tahap eksploitasi *constraint* dan pengelolaan aliran sistem yang melewati *constraint* merupakan dua tahap pada kerangka kerja TOC yang ditujukan untuk meningkatkan kinerja sistem dalam jangka pendek. Sementara itu, tahap *elevate constraint* merupakan langkah yang difokuskan untuk meningkatkan kinerja sistem melalui aktivitas investasi. Dengan berdasar pada prinsip TOC tersebut, seluruh komponen dari sistem akan dipandang sebagai faktor yang bersifat terbuka. Hal tersebut berbeda dengan pendekatan peningkatan kinerja yang biasa dilakukan dimana faktor-faktor jangka panjang seperti *demand* dan kapasitas diasumsikan sebagai suatu konstanta yang bersifat tetap.

Pada aspek yang lain, TOC merupakan filosofi manajemen yang dapat digunakan untuk merumuskan dan menjembatani solusi strategis dengan solusi operasional. TOC menyediakan tahap yang difokuskan untuk merumuskan ukuran-ukuran kinerja yang masuk ke dimensi strategis, taktikal, dan operasional. Berbasis akan hal ini, solusi yang dihasilkan dengan menggunakan prinsip TOC diharapkan tidak akan terhenti pada salah satu dimensi.

Tantangan yang ada pada sistem transportasi laut untuk menghasilkan solusi terbaik yang paling memungkinkan dalam jangka pendek maupun jangka panjang yang selaras pada tingkat operasional sampai dengan tingkat strategis sesuai dengan *value proposition* yang ada pada konsep TOC. Karakter TOC yang mengkaji komponen-komponen pembentuk sistem secara komprehensif dan tidak parsial diharapkan dapat diimplementasikan pada sistem transportasi laut guna menghasilkan solusi terbaik yang paling memungkinkan. Selain itu, *framework* TOC yang menyediakan panduan untuk merencanakan sistem dan meningkatkan kapasitas sistem diharapkan dapat dimanfaatkan pada sistem transportasi laut untuk menghasilkan solusi yang optimal baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Berdasarkan hal ini, TOC diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai panduan bagi pihak-pihak yang ingin meningkatkan kinerja dari sistem transportasi laut untuk melakukan investasi yang tepat sasaran. Dengan menggunakan TOC, pihak-pihak yang berkepentingan diharapkan dapat mengidentifikasi faktor apa dari sistem yang perlu dikembangkan, sehingga dapat menghasilkan solusi terbaik baik jangka pendek maupun jangka panjang. Dalam hal ini, TOC diharapkan dapat membantu menghasilkan investasi yang tepat sasaran.

Selain panduan untuk melakukan investasi secara tepat sasaran, TOC juga menyediakan langkah-langkah bagi pihak-pihak yang berkepentingan untuk menentukan ukuran kinerja global guna menyelaraskan peningkatan kinerja pada tingkat operasional sampai ke tingkat strategis. Berdasarkan hal ini, pihak-pihak yang ingin meningkatkan kinerja dari sistem transportasi laut diharapkan dapat menentukan berapa besar investasi yang perlu dilakukan dan mengukur dampak dari investasi yang dilakukan terhadap peningkatan kinerja sistem. Sasaran yang dapat dituju dengan memanfaatkan TOC dalam hal ini adalah upaya untuk melakukan investasi yang tepat jumlah.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang terdapat pada bagian latar belakang, dapat diketahui bahwa tantangan yang terdapat pada bidang jasa transportasi laut sesuai dengan *value proposition* yang terdapat pada TOC. Sistem transportasi laut memerlukan upaya-upaya baru untuk menghasilkan solusi peningkatan kinerja global dalam jangka pendek dan jangka panjang yang selaras pada tataran kinerja operasional sampai dengan strategis. Di sisi lain, TOC menyediakan kerangka kerja untuk menghasilkan investasi tepat sasaran,

yaitu dengan menentukan faktor apa dari sistem yang perlu dikembangkan sehingga menghasilkan dapat menghasilkan solusi yang berdampak pada peningkatan kinerja global. Selain itu TOC menyediakan kerangka pengembangan sistem melalui investasi yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan investasi yang tepat jumlah dan berdampak pada peningkatan kinerja baik pada tataran operasional sampai dengan strategis.

Meskipun TOC telah banyak diimplementasikan di bidang manufaktur, saat ini TOC belum banyak diterapkan pada bidang jasa angkutan laut, sehingga *applicability* dan dampak dari penerapan TOC di bidang tersebut belum diketahui dengan pasti. Berdasarkan kondisi yang ada, rumusan masalah yang akan diangkat di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

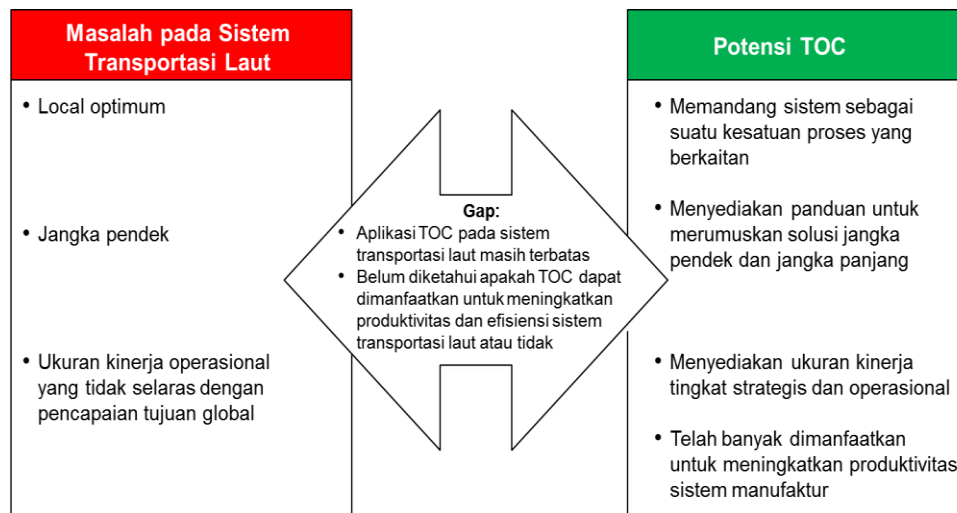
1. Bagaimanakah *applicability* dari model terintegrasi berbasis TOC pada bidang sistem transportasi laut?

Tidak seperti penerapannya pada bidang manufaktur, konsep ukuran kinerja TOC pada bidang transportasi laut belum terdefiniskan. Selain itu, *unit of measure* dari komponen-komponen sistem transportasi laut tidak standar. Agar TOC dapat diterapkan pada konteks sistem transportasi laut, model standardisasi *unit of measure* TOC pada bidang transportasi laut perlu dibangun. Selain itu, metode penerapan TOC pada bidang transportasi laut juga belum terdokumentasi dengan jelas. Sebagai contoh, saat ini belum terdapat panduan yang jelas untuk mengidentifikasi *constraint* dan melakukan *constraint elevation* pada bidang sistem transportasi laut.

2. Apakah model terintegrasi berbasis TOC dapat diterapkan untuk menghasilkan solusi terbaik yang paling memungkinkan untuk biaya transportasi laut?

Apabila TOC merupakan *tools* yang tepat, penerapan TOC akan menghasilkan solusi solusi terbaik yang paling memungkinkan dalam jangka pendek dan jangka panjang. Selain itu, solusi yang dihasilkan juga selaras baik pada tingkatan operasional sampai dengan tingkat strategis.

Secara umum, gap antara masalah yang terdapat pada sistem transportasi laut dengan *value proposition* dari TOC dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Permasalahan Penelitian

1.3 Research Question

Untuk menjawab rumusan masalah yang ada, maka pertanyaan penelitian yang dibangun di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerjemahan ukuran kinerja yang terdapat pada model berbasis TOC di bidang sistem sistem pengangkutan laut?

Saat ini beberapa ukuran kinerja yang biasa ada pada konsep TOC seperti Throughput, Inventory, Operating Expense, Productivity, dan Net Benefit belum terdefiniskan pada konteks sistem transportasi laut. Untuk mengetahui *applicability* dari TOC di bidang transportasi laut, beberapa ukuran kinerja tersebut perlu didefinisikan.

2. Bagaimana standar *unit of measure* dari komponen-komponen yang ada pada sistem transportasi laut?

Sistem transportasi laut terdiri dari beberapa komponen seperti alat angkut, alur pelayaran, infrastruktur pelabuhan, dan lain sebagainya yang memiliki *unit of measure* yang tidak standar. Pada konteks TOC, komponen-komponen sistem perlu distandarkan, sehingga *constraint* dari sistem dapat dianalisis. Berdasarkan hal tersebut, saat ini diperlukan model standardisasi *unit of measure* dari komponen-komponen yang ada pada sistem transportasi laut.

3. Bagaimana model identifikasi *constraint* dan model investasi infrastruktur transportasi laut?

Tidak seperti pada bidang manufaktur, metode yang dapat digunakan untuk melakukan identifikasi *constraint* dan melakukan investasi infrastruktur transportasi laut belum diketahui dengan baik. Untuk dapat menerapkan konsep TOC pada bidang transportasi laut, metode identifikasi *constraint* dan model investasi infrastruktur transportasi laut perlu terlebih dahulu disusun.

4. Faktor apa yang menghambat peningkatan efisiensi sistem transportasi laut?

Berbasis pada filosofi utama TOC, setiap sistem paling tidak terdapat satu faktor yang menghambat peningkatan kinerja sistem. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi faktor utama yang menghambat peningkatan kinerja sistem transportasi laut. Dengan melakukan analisis komponen-komponen sistem transportasi laut secara menyeluruh dan mendefinisikan ukuran kinerja global sebagaimana konsep TOC, solusi yang dihasilkan diharapkan bersifat solusi terbaik yang paling memungkinkan.

5. Berapa besar investasi yang harus dikeluarkan untuk meningkatkan efisiensi sistem transportasi laut dan bagaimana dampak dari upaya *improvement* berbasis TOC terhadap peningkatan kinerja sistem transportasi laut?

Pada bidang transportasi laut, sumber daya bersifat terbatas. Berdasarkan hal tersebut, penerapan TOC diharapkan dapat menjawab berapa besar investasi yang harus dilakukan untuk menghasilkan solusi terbaik yang paling memungkinkan.

6. Bagaimana dampak dari solusi terbaik peningkatan kinerja sistem transportasi laut terhadap desain pasar sistem transportasi laut secara luas?

Solusi terbaik yang paling memungkinkan yang dihasilkan dari upaya peningkatan kinerja diharapkan dapat berkontribusi positif untuk menciptakan *well-designed market* pada bidang sistem transportasi laut.

1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, maka tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk **mengembangkan model terintegrasi berbasis *constraints* untuk meningkatkan kinerja sistem transportasi laut**. Model yang dikembangkan harus dapat mengintegrasikan beberapa komponen sistem transportasi laut yang mencakup alat angkut, sistem manajemen, dan infrastruktur. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari solusi peningkatan kinerja yang bersifat *local optimum*. Selain integrasi komponen sistem, model yang dikembangkan harus dapat mengintegrasikan beberapa lapisan ukuran kinerja mulai dari tataran operasional sampai dengan tataran strategis atau tataran global. Dari sisi *time horizon*, model yang dikembangkan harus mampu menghasilkan solusi jangka pendek dan jangka panjang.

Berdasarkan tujuan utama yang ada, maka secara spesifik tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Membangun metode atau kerangka kerja untuk menyelesaikan persoalan transportasi laut berbasis TOC dengan cara mengadopsi, memodifikasi, dan merangkai metode-metode yang telah ada.
2. Menerapkan konsep TOC untuk mengidentifikasi kendala utama yang membatasi peningkatan kinerja sistem transportasi laut
3. Menerapkan konsep TOC untuk meningkatkan kinerja dari sistem transportasi laut.

1.5 Batasan Pembahasan

Mengingat luasnya cakupan dari kegiatan optimasi pada sistem transportasi laut dan implementasi TOC, maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Sistem transportasi laut yang menjadi obyek studi adalah sistem transportasi *clean oil product* atau *white oil* yang dilakukan dengan menggunakan kapal tanker tipe small tanker berukuran 3.000 – 5000 LTDW.
2. Kegiatan analisis sistem transportasi laut dilakukan pada *end-to-end process* mulai dari kapal dimuati muatan sampai dengan kapal bongkar muatan. Kegiatan identifikasi *constraint* dan *improvement* didasarkan pada asumsi bahwa sumber daya yang terkait dengan proses-proses tersebut dapat dikelola secara langsung.

3. Data pengangkutan yang digunakan adalah *single loading* dan *single discharge* per *voyage*.
4. *Outcome* dari kegiatan transportasi laut seperti kualitas pelayanan, ketepatan jumlah muatan, ketepatan waktu pengangkutan, dan lain sebagainya berada di luar cakupan dari penelitian ini.

1.6 Kontribusi dan Originalitas

Berdasarkan hasil *review* yang telah dilakukan terhadap beberapa penelitian yang ada, dapat diketahui bahwa saat ini sebagian besar upaya peningkatan kinerja sistem transportasi laut masih terbatas pada solusi *local optimum* yang memandang komponen-komponen sistem seperti alat angkut, sistem manajemen, dan infrastruktur secara parsial. Selain itu, sebagian besar penelitian yang ada juga terbatas pada tataran operasional. Dari perspektif waktu, solusi peningkatan kinerja sistem transportasi laut sebagian besar masih ditujukan untuk optimasi jangka pendek. Penelitian ini difokuskan untuk mengimplementasikan *value proposition* dari TOC yang diindikasikan dapat menciptakan solusi terbaik yang selaras pada tataran operasional sampai level strategis baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Pada bidang sistem transportasi laut, implementasi dari TOC masih terbatas. Definisi atau penerjemahan dari beberapa terminologi umum atau indikator-indikator ukuran kinerja yang ada pada TOC seperti *throughput*, *inventory*, *operating expense*, dan *productivity ratio* belum diketahui pada sistem transportasi laut. Selain itu, sistem transportasi laut merupakan sistem yang kompleks dimana masing-masing komponen sistem memiliki *unit of measure* yang berbeda. Referensi terkait TOC yang saat ini ada secara umum tidak menyediakan panduan untuk melakukan standarisasi *unit of measure* dari komponen-komponen sistem.

Unsur kebaharuan atau originalitas yang ada pada penelitian terletak pada pembangunan model baru untuk mengimplementasikan TOC pada konteks sistem transportasi laut yang menggabungkan beberapa komponen sistem seperti alat angkut, infrastruktur, dan manajemen sebagai satu kesatuan sistem yang terintegrasi (tidak parsial). Selain itu, unsur kebaharuan lain yang ada pada penelitian ini adalah disusunnya ukuran kinerja yang selaras mulai dari tataran operasional sampai tataran strategis dan dilakukannya standarisasi *unit of measure* dari masing-masing komponen sistem transportasi laut. Pada

tataran strategis, pada penelitian ini juga akan dibangun suatu *tools* untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi dari upaya peningkatan kinerja sistem transportasi laut.

Penelitian diharapkan dapat menghasilkan sebagai berikut:

1. Menerjemahkan ukuran kinerja operasional dan strategis dari TOC pada sistem transportasi laut
2. Menemukan model standarisasi *unit of measure* dari komponen-komponen sistem transportasi laut pada kerangka TOC
3. Menemukan model terintegrasi berbasis TOC untuk:
 - a. Mengidentifikasi *constraint* pada sistem transportasi laut
 - b. Meningkatkan kinerja dari sistem transportasi laut
4. Menghasilkan model investasi infrastruktur transportasi laut yang dapat dimanfaatkan untuk menjawab:
 - a. Faktor atau kendala apa yang perlu ditangani pada sistem transportasi laut?
 - b. Berapa besar investasi yang harus dikeluarkan?
 - c. Berapa besar dampak dari investasi yang dikeluarkan terhadap penurunan biaya sistem transportasi laut?
5. Menghasilkan solusi terbaik yang paling memungkinkan biaya transportasi laut

Secara umum, hasil dari penelitian diharapkan dapat menjadi panduan bagi pihak-pihak yang berkepentingan terhadap sistem transportasi laut untuk melakukan investasi tepat sasaran. Selain itu, kerangka solusi yang dihasilkan pada penelitian ini diharapkan dapat diadopsi dan dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja sistem beberapa bidang jasa sejenis lainnya, seperti layanan transportasi darat dan udara.

1.7 Hipotesis

Hipotesis yang terdapat di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jika dilakukan adopsi, modifikasi, dan perangkaian ulang terhadap konsep serta metode-metode berbasis TOC yang telah ada, maka TOC dapat diterapkan pada bidang sistem transportasi laut.
2. Jika faktor-faktor dari sistem transportasi laut yang selama ini dipandang sebagai faktor *given* dibuka dengan menggunakan kerangka TOC, maka solusi terbaik biaya transportasi laut dapat diperoleh.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi hasil kajian literatur dari berbagai hasil penelitian, jurnal, dan publikasi ilmiah lain yang berkaitan dengan penelitian serta penjelasan mengenai beberapa teori utama yang relevan dengan konteks penelitian. Hasil dari kajian literatur digunakan untuk mengetahui posisi dan keterbaruan dari penelitian yang akan dilakukan. Sementara itu, beberapa teori utama yang relevan dengan konteks penelitian akan diacu dan digunakan sebagai input utama pada penyusunan metodologi penelitian

2.1 Kajian Literatur

Sub bagian ini berisi penjelasan mengenai hasil penelitian yang pernah dilakukan terkait dengan *shipping cost*, faktor-faktor yang mempengaruhi *shipping cost*, upaya-upaya yang pernah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi *shipping cost*, dan aplikasi dari konsep *TOC* untuk meningkatkan efisiensi dari sistem manufaktur dan jasa.

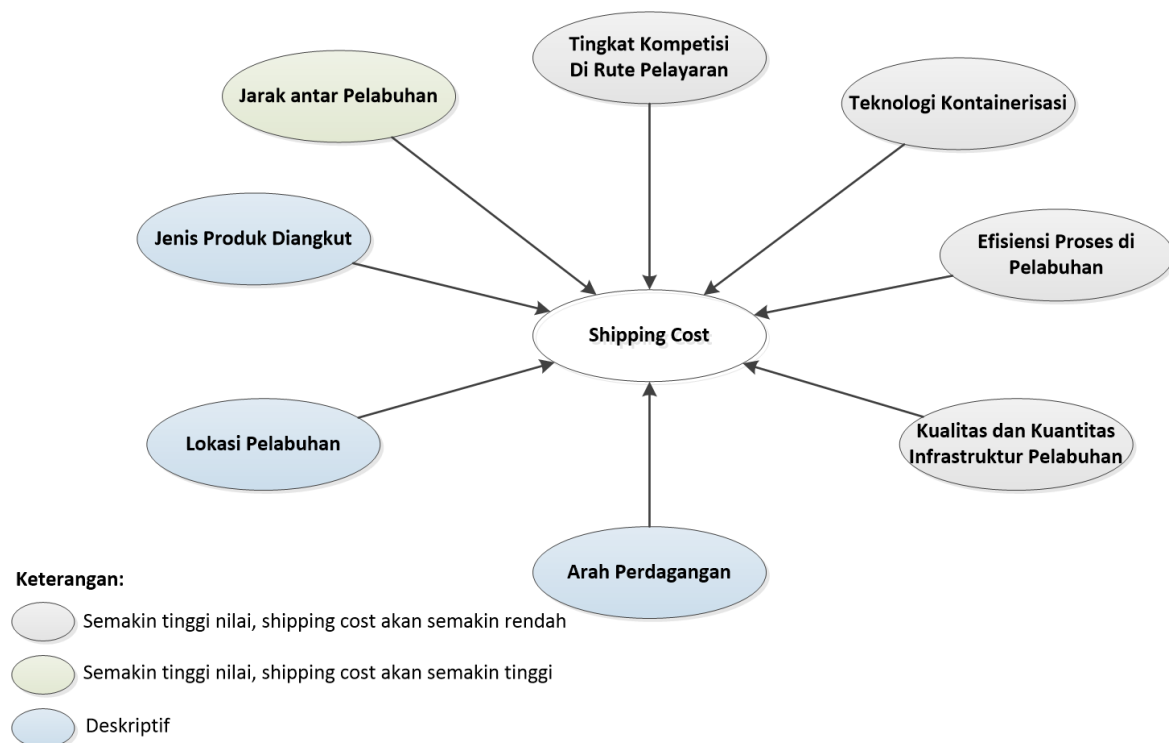
2.1.1 Review Penelitian yang Mengkaji Faktor-Faktor yang Menentukan Besar Kecilnya *Shipping Cost*

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi beberapa faktor yang mempengaruhi *shipping cost*. Micco dan Perez (2002) mencari faktor-faktor yang mempengaruhi *shipping cost* dengan menggunakan lebih dari 300.000 data pengapalan tahunan di beberapa pelabuhan di dunia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jarak sebesar 100% dapat berdampak pada peningkatan *shipping cost* sebesar 20% (Micco dan Perez, 2002). Selain jarak, hasil Micco dan Perez (2002) juga menjelaskan bahwa jenis produk yang diangkut turut menentukan besaran *shipping cost*. Disamping itu, lokasi pelabuhan *loading* dan *discharge* dari kegiatan pengangkutan laut juga berpengaruh terhadap besar kecilnya *shipping cost*. Lebih lanjut, menurut Micco dan Perez (2002) adanya ketidakseimbangan arah perdagangan antar negara merupakan salah satu penyebab dari perbedaan *shipping cost* antara berbagai pelabuhan *loading* dan *discharge*. Teknologi kontainerisasi juga menjadi salah satu faktor yang berdampak positif terhadap penurunan *shipping cost* secara umum. Dari sisi persaingan usaha, Micco dan Perez (2002) menemukan *shipping cost* di rute-rute komersial yang sarat dengan kompetisi dan hanya memiliki sedikit unsur monopoli akan memiliki *shipping cost* yang lebih kompetitif dibandingkan dengan *shipping cost* di rute yang tidak kompetitif dan monopolistik.

Selain beberapa hal tersebut, faktor penting yang sangat signifikan dalam mempengaruhi *shipping cost* menurut Micco dan Perez (2002) adalah efisiensi proses di pelabuhan. Micco dan Perez (2002) menjelaskan bahwa peningkatan efisiensi pelabuhan dari *percentile* 25 ke 75 akan berdampak pada penurunan *shipping cost* lebih dari 12%. Pelabuhan yang tidak efisien menurut Micco dan Perez (2002) dapat menyebabkan peningkatan *cargo handling cost* yang pada akhirnya memperbesar *shipping cost*.

Disamping efisiensi proses, Micco dan Perez (2002) juga menjelaskan bahwa kualitas infrastruktur pelabuhan berpengaruh positif terhadap efisiensi *shipping cost*. Hal tersebut memperkuat hasil penelitian yang menyebutkan bahwa negara yang berhasil meningkatkan ranking kualitas infrastruktur pelabuhannya dari *percentile* 75 ke 25 akan dapat mengurangi *shipping cost* sebesar 30% sampai dengan 50% (LV, 2000).

Faktor-faktor yang mempengaruhi *shipping cost* berdasarkan hasil dari penelitian Micco dan Perez (2002) dapat dirangkum ke dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Faktor-Faktor yang Menentukan Besar Kecilnya Shipping Cost (Micco dan Perez, 2002)

Selain Micco dan Perez (2002), penelitian lain yang dilakukan untuk mencari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap *shipping cost* juga dilakukan oleh Gkonis dan Psaraftis

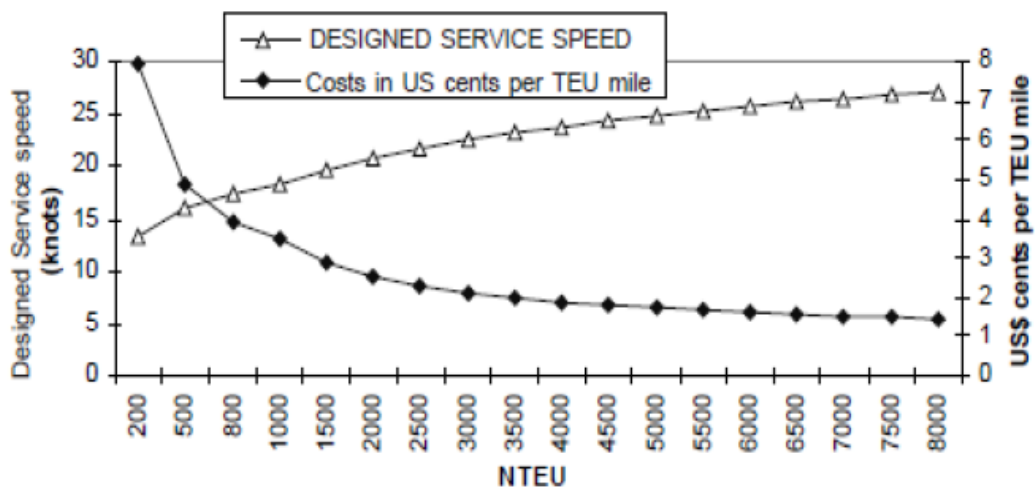
(2004). Gkonis dan Psaraftis (2004) melakukan studi literatur dan melakukan pengolahan data empiris terkait biaya pengangkutan jenis *liner*. Tujuan dari penelitian Gkonis dan Psaraftis (2004) adalah untuk mengetahui beberapa variabel yang berpengaruh terhadap *shipping cost* pada pengangkutan *liner*. Gkonis dan Psaraftis (2004) mengacu ke model penelitian yang mengkuantifikasi komponen-komponen penentu *shipping cost* seperti *capital cost*, *operation cost*, *fuel cost*, dan *distance* serta komponen-komponen penentu *port cost* (Ng dan Kee, 2000).

Hal pertama yang dilakukan oleh Gkonis dan Psaraftis (2004) adalah menguji ada atau tidaknya keterkaitan antarukuran kapal dan *shipping cost (economies of size)*. Gkonis dan Psaraftis (2004) merujuk ke konsep yang menyatakan bahwa *economies of size* diukur dengan membandingkan *unit earnings* dan *unit costs* untuk beberapa ukuran kapal yang berbeda. Berdasarkan studi yang mereka lakukan, data empiris tidak mendukung hipotesis bahwa *unit cost* selama kapal beroperasi turun seiring dengan kenaikan ukuran kapal. Selain itu, indikator *total shipping cost* per TEU per *mile* juga tidak menunjukkan penurunan seiring dengan kenaikan ukuran kapal (Gkonis dan Psaraftis, 2004).

Menurut Gkonis dan Psaraftis (2004), *economies of size* lebih berpengaruh ke komponen *fixed cost* dari kapal. Perbandingan *fixed cost* dilakukan untuk kapal ukuran 6.500 TEU dan 1.200 TEU. Berdasarkan hasil perhitungan, *fixed cost* dari kapal dengan ukuran 6,500 TEU adalah tiga kali lipat dari *fixed cost* kapal 1.200 TEU. Jika dilihat bahwa ukuran kapal 6,500 TEU adalah lebih dari lima kali lipat kapal 1,200 TEU, maka dapat disimpulkan bahwa *unit fixed cost* kapal akan menurun seiring dengan kenaikan ukuran kapal (Gkonis dan Psaraftis, 2004). Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa persentase komponen *fixed cost* terhadap *total cost* akan turun dari 42% ke 26% seiring dengan kenaikan ukuran kapal dari 1,200 TEU ke 6,500 TEU (Stopford, 2004).

Selain ukuran kapal, variabel lain yang diuji oleh Gkonis dan Psaraftis adalah *vessel speed*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan kapal, *unit cost* per TEU per *mile* akan semakin rendah (Gkonis dan Psaraftis, 2004). Dalam hal ini, hasil penelitian Gkonis dan Psaraftis (2004) selaras dengan hasil penelitian Cullinane dan Khanna (2000) yang menunjukkan bahwa kapal yang lebih cepat dapat lebih ekonomis

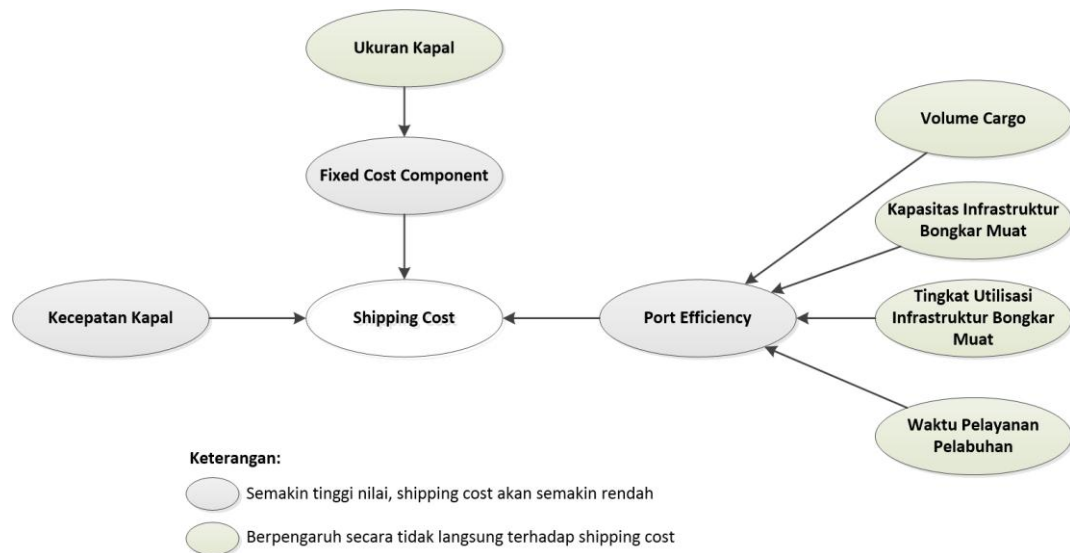
karena utilitasnya lebih baik (Cullinane dan Khanna, 2000). Grafik hubungan antara ukuran kapal, kecepatan kapal, dan biaya per unit kapal dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hubungan Antara Kecepatan, Ukuran, dan Biaya per Unit Kapal (Cullinane dan Khanna, 2000)

Selain ukuran dan kecepatan kapal, Gkonis dan Psaraftis (2004) lebih lanjut menjelaskan pengaruh *port time* pada *shipping cost*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa agar *shipping cost* dapat optimal, beberapa aktivitas dan infrastruktur di *port* harus dioptimalkan atau dikembangkan dengan tujuan untuk mempersingkat *port time* (Gkonis dan Psaraftis, 2004). Lebih lanjut, Gkonis dan Psaraftis (2004) menjelaskan bahwa *port time* bergantung pada volume cargo, *availability* dan tingkat utilisasi peralatan bongkar muat, durasi tidak efisien di port akibat *congestion*, dan waktu pelayanan pelabuhan.

Secara lengkap, faktor-faktor yang mempengaruhi *shipping cost* berdasarkan hasil dari penelitian dari Gkonis dan Psaraftis (2004) adalah sebagaimana yang terdapat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Shipping Cost (Gkonis Psaraftis, 2004)

Berdasarkan hasil penelitian dari penelitian Micco dan Perez (2002) serta Gkonis dan Psaraftis (2004), *port efficiency* berkaitan erat dengan *shipping cost*. Semakin tinggi efisiensi pelabuhan, *shipping cost* akan semakin rendah. Berdasarkan hal ini, beberapa penelitian secara lebih khusus telah dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi *port efficiency*. Pada penelitiannya, Tongzon (1994) mengidentifikasi beberapa faktor yang mempengaruhi *port efficiency* dengan menggunakan teknik *factor analysis* dan regresi linear. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *port efficiency* dipengaruhi oleh *delay* atau *congestion*, tingkat utilisasi perangkat bongkar muat, ukuran kapal, volume cargo, dan *cargo mix* (Tongzon, 1994).

Selain Tongzon (1994), upaya untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi *shipping cost* dengan menganalisis faktor *port* juga dilakukan oleh Caldeirinha, et al. Caldeirinha, et al (2002) melakukan penelitian dengan menggunakan *Data Envelopment Analysis* (DEA), *factor analysis*, dan regresi linear. Hasilnya, *port performance* yang pada akhirnya berdampak pada *shipping cost* dipengaruhi oleh (Caldeirinha et al, 2002):

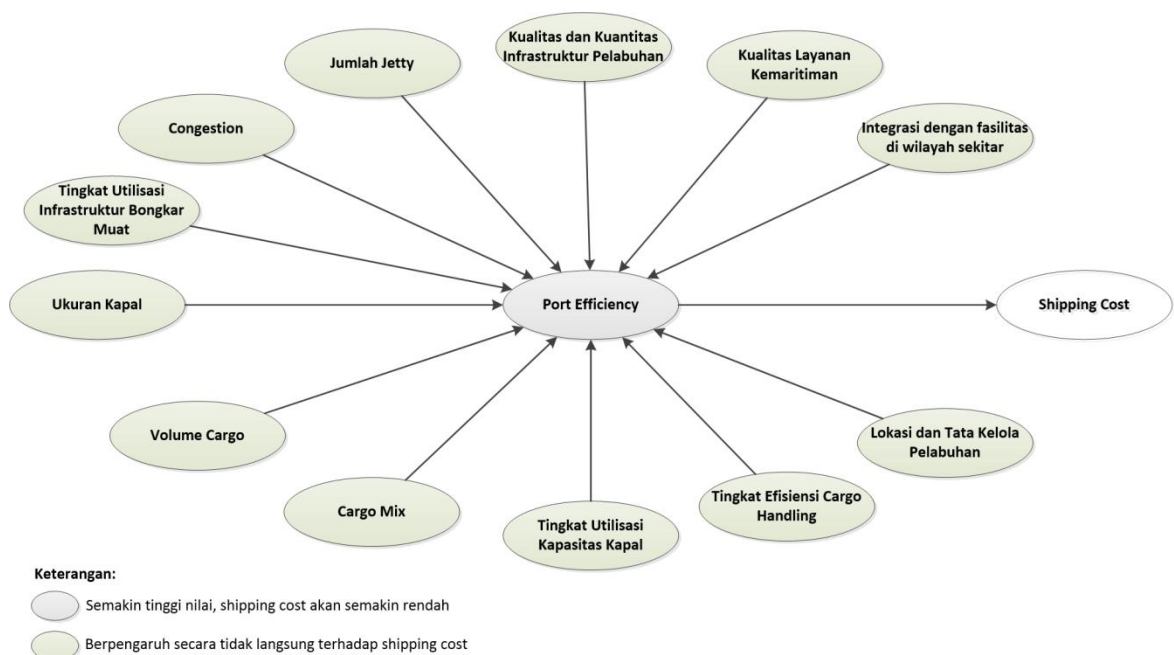
1. Jumlah *jetty* yang terdapat di *port*
2. Kualitas dan kuantitas infrastruktur yang terdapat di *port*
3. Kualitas layanan kemaritiman yang ada di *port*
4. Lokasi *port*
5. Tata kelola *port*
6. Integrasi port dengan layanan/fasilitas logistik di sekitarnya

Sejalan dengan Caldeirinha (2002), Verbanova (2004) juga mengidentifikasi beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi *port*. Verbanova (2004) melakukan penilitan dengan cara mengumpulkan dan menganalisis data pengapalan *container feeder lines* di Black Sea Region. Beberapa hasil penting dari penelitian Verbanova (2004) adalah sebagai berikut:

1. Semakin rendah tingkat utilisasi kapasitas kapal (*load factor*), *shipping cost* akan semakin tinggi.
2. Jika tingkat efisiensi dari operasi *cargo handling* tinggi, maka *shipping cost* akan rendah.
3. Jika *delay* atau waktu-waktu tidak efisien/efektif di port rendah, maka *transport cost* akan semakin kecil (Verbanova, 2004).

Berdasarkan beberapa temuan dari Verbanova (2004) tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor utilisasi kapasitas kapal, *cargo handling*, dan *delay time* merupakan faktor-faktor yang berdampak signifikan terhadap efisiensi port yang pada akhirnya berpengaruh terhadap *shipping cost*.

Hasil penelitian dari Tongzon (1994), Caldeirinha (2002), dan Verbanova (2004) mengenai hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi *port efficiency* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Shipping Cost (Gkonis Psaraftis, 2004)

2.1.2 Review Penelitian untuk Menurunkan *Shipping Cost* Melalui Optimasi Penjadwalan dan Optimasi Penentuan Rute

Devanney et al. (1975) mengembangkan model berbasis komputer untuk meminimalkan *total cost* dari kapal-kapal pada tipe yang sama guna memenuhi *demand* pengangkutan pada operator *liner*. Model yang dibangun digunakan untuk mengetahui efisiensi dan inefisiensi dari beberapa skenario kegiatan pengapalan. Pada penelitiannya, Devanney et al (1975). mengasumsikan bahwa *port time* untuk seluruh kegiatan pengapalan bernilai sama. Meskipun asumsi yang digunakan dapat menyederhanakan permasalahan, asumsi tersebut juga membatasi manfaat dan kegunaan dari model yang dikembangkan (Lane et al, 1987). Berdasarkan hal tersebut, meskipun model yang disusun oleh Devanney (1975) efektif untuk meminimalkan *total cost* kapal untuk jangka pendek, dalam jangka panjang efektivitas dari model belum diketahui dengan pasti.

Boffey et al. (1979) melakukan penelitian dengan menyusun model optimasi *heuristic* guna menjadwalkan kapal-kapal *container* di rute Atlantik utara. Tujuan dari penjadwalan dan penggunaan model adalah untuk mengoptimalkan produktivitas pengangkutan yang diterjemahkan pada peningkatan *profitability* dan penurunan *transit times*. Sebagaimana Devanney et al. (1975), model Boffey et al (1979). juga didasarkan pada asumsi bahwa *demand* pengangkutan dan *port time* bersifat tetap, sehingga model hanya optimal untuk jangka pendek.

Perakis and Jaramillo (1991) mengembangkan model *linear programming* untuk meminimalkan biaya operasional dari kapal *liners*. Biaya operasional yang menjadi cakupan dari Perakis dan Jaramillo (1991) adalah biaya bahan bakar, *daily running cost*, *port charge*, dan *canal fees*. Pada jurnal lanjutannya, Perakis dan Jaramillo (1991) juga mengusulkan model optimasi yang ditujukan untuk melakukan *deployment* dari kapal-kapal *liner* berdasarkan beberapa *constraint* yang ada. Model optimasi *deployment* tersebut juga ditujukan untuk meminimalkan biaya operasional kapal. Pada kedua penelitian tersebut, Perakis dan Jaramillo (1991) mengasumsikan bahwa kecepatan kapal dan frekuensi pelayanan pada setiap rute bersifat tetap. Hal tersebut serupa dengan penelitian Devanney et al (1975) dan Boffey et al. (1979) yang berupaya mencari solusi profitabilitas dan efisiensi yang optimal melalui teknik optimasi penjadwalan dalam jangka pendek.

Selain pada bidang *liner*, beberapa penelitian yang berfokus pada optimasi penjadwalan kapal juga telah dilakukan pada bidang operasi industrial dimana operator memiliki kontrol terhadap kapal dan cargo. Dantzig and Fulkerson (1954) mempelajari penjadwalan tanker untuk kapal-kapal yang memiliki kapasitas angkut, kecepatan, dan biaya operasional yang sama. Tujuan dari penelitian Dantzig and Fulkerson (1954) adalah untuk meminimalkan jumlah kapal guna memenuhi *demand* pengangkutan yang telah ditetapkan jadwalnya. Pada penelitiannya, Dantzig and Fulkerson (1954) menggunakan model berbasis *transportation problem* dan asumsi dimana pengangkutan per *voyage* bersifat *single loading* dan *single discharge*.

Berbasis penelitian Dantzig and Fulkerson (1954), Briskin (1966) meneruskan penelitian dengan memperluas cakupan menjadi *multiple discharging port*. Briskin menggunakan prosedur *clustering* dimana *discharging port* dikelompokkan berbasis kriteria tertentu. Sebagaimana Dantzig and Fulkerson (1954), model Briskin menggunakan model berbasis *transportation problem* untuk menjadwalkan operasi kapal-kapal tanker.

Laderman et al. (1966) meneliti masalah penentuan rute kapal yang dapat dimanfaatkan oleh operator industrial. Laderman mengembangkan model optimasi yang ditujukan untuk meminimalkan jumlah kapal yang diperlukan guna memenuhi *demand* pengangkutan. Permasalahan tersebut oleh Laderman et al (1966) dimodelkan ke dalam model linear yang ditujukan untuk melakukan *assignment* kapal ke trip-trip tertentu. Dalam penelitian tersebut Laderman et al (1966). berbasis pada asumsi dimana kuantitas cargo bersifat tetap. Serupa dengan Laderman et al. (1966), Rao and Zionts (1968) mengembangkan model linear untuk melakukan *assignment* kapal ke trip-trip tertentu guna meminimalkan biaya operasional. Rao dan Zionts (1968) menambahkan satu variabel untuk mengetahui apakah kegiatan chartering tambahan diperlukan atau tidak.

Manfaat (2014) menjelaskan mengenai upaya minimalisasi biaya transportasi laut melalui optimasi desain kapal. Optimasi desain kapal yang disebut sebagai *Case Based Design* (CBD) ini memanfaatkan kasus atau contoh desain secara langsung sebagai desain awal untuk proses baru. Pendekatan diindikasikan dapat secara signifikan memperbaiki proses desain, yaitu menjadi lebih cepat, mengurangi tugas, dan mencapai hasil desain yang lebih sesuai dengan kebutuhan. Dengan desain yang sesuai, *operating cost* kapal diharapkan dapat optimal.

2.1.3 Review Penelitian untuk Menurunkan *Shipping Cost* Melalui Optimasi *Port*

Weille dan Ray (1974) berusaha mencari cara untuk mengoptimalkan *shipping cost* dengan cara melakukan simulasi ekspansi kapasitas pelabuhan. Simulasi dilakukan untuk mengidentifikasi kapasitas yang ideal dari suatu pelabuhan, sehingga dapat menghasilkan *net benefit* yang optimal bagi *ship owners/operators* dan otoritas pelabuhan. Dalam hal ini, Weille dan Ray (1974) memperkenalkan konsep *net benefit* pada kegiatan ekspansi pelabuhan bagi *ship operators* dan otoritas pelabuhan sebagai suatu kesatuan. Konsep dari Weille dan Ray (1974) ini berbeda dari beberapa penelitian terkait strategi ekspansi *port* yang dilakukan sebelumnya karena tidak mengukur *benefit* bagi *port authority* dan *benefit* bagi *ship owners/operators* secara terpisah.

Weille dan Ray (1974) mengusulkan *benefit* untuk *ship operator* sebagai penurunan *waiting cost*. Sementara itu, *benefit* bagi otoritas pelabuhan diukur dari seberapa besar nilai keekonomian dari kegiatan tersebut untuk mereduksi biaya operasional *port* di masa yang akan datang. Konsep *net benefit* secara keseluruhan diukur dengan memaksimalkan *benefit* bagi *ship operator* dan otoritas pelabuhan.

Hasil penelitian Weille dan Ray (1974) menunjukkan bahwa jika jumlah *jetty* lebih kecil dari *demand*, maka *shipping cost* akan lebih besar dari yang seharusnya mengingat hal tersebut akan berdampak pada *congestion* dan beberapa *waiting time* lainnya. Di sisi yang lain, jika jumlah *jetty* yang ada di pelabuhan lebih besar dari *demand* atau lebih besar dari kemampuan suatu *port* untuk mengoperasikannya, maka biaya operasional dari *port authority* akan tidak optimal. Berdasarkan hal ini, pihak-pihak yang terkait dengan *port* dan *shipping* perlu menganalisis jumlah *jetty* yang ideal dimana jumlah dimana *jetty* dapat diutilisasi oleh *port* secara optimal dan dapat dimanfaatkan untuk meminimalkan *waiting time* (Weille dan Ray, 1974). Dengan pendekatan simulasi berdasarkan dimensi operasional dan keekonomian, penelitian Weille dan Ray dapat memberikan usulan jumlah *jetty* yang ideal.

2.1.4 Keterbatasan Metode-Metode Optimasi Eksisting

Berdasarkan *review* literatur yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mengoptimalkan biaya operasional pengangkutan laut baik melalui optimasi pada proses penjadwalan maupun infrastruktur pada umumnya memiliki keterbatasan sebagai berikut:

1. Dilakukan pada proses-proses atau komponen-komponen dari sistem transportasi laut secara independen (parsial), sehingga solusi yang dihasilkan bersifat *local optimum*.
2. Difokuskan untuk jangka pendek berdasarkan asumsi bahwa *demand* pengangkutan dan kondisi operasional atau infrastruktur bersifat tetap dari waktu ke waktu. Meskipun upaya-upaya yang telah dilakukan dapat memberikan pengaruh positif terhadap optimasi biaya operasional dalam jangka pendek, untuk jangka panjang dampak dari penerapan model-model tersebut masih menjadi tanda tanya, khususnya jika *demand* pengangkutan dan kondisi operasional berubah.
3. Sasaran kinerja dari kegiatan optimasi cenderung fokus pada aspek operasional, sehingga keselarasannya dengan pencapaian sasaran kinerja strategis belum diketahui dengan pasti.

2.1.5 Posisi Penelitian Dibandingkan dengan Beberapa Penelitian Sebelumnya

Apabila dibandingkan dengan penelitian-penelitian yang sebelumnya, penelitian yang dilakukan kali ini memiliki perbedaan karena mengintegrasikan komponen-komponen sistem pengangkutan laut holistic yang mencakup alat angkut, sistem manajemen, dan infrastruktur. Selain itu penelitian ini juga difokuskan pada *time horizon* jangka pendek maupun jangka panjang. Di sisi lain, kinerja yang diukur pada penelitian ini mencakup lapisan operasional dan strategis. Adapun *output* dari penelitian difokuskan untuk menghasilkan solusi global yang efektif dan juga efisien. Secara lengkap, perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 2.5.

No.	Item	Penelitian							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Alat Angkut	V	V	V	V	V			V
2	Sistem Manajemen								V
3	Infrastruktur						V	V	V
4	Solusi Jangka Pendek	V	V	V	V	V	V	V	V
5	Solusi Jangka Panjang								V
6	Kinerja Operasional	V	V	V	V	V	V	V	V
7	Kinerja Global								V
8	Fokus Efisiensi	V	V	V	V	V	V	V	V
9	Fokus Efektivitas								V

Gambar 2.5 Posisi Penelitian Dibandingkan Dengan Beberapa Penelitian Sebelumnya

Nomenklatur:

- 1: Devanney et al. (1975)
- 2: Boffey et al. (1979)
- 3: Perakis dan Jaramillo (1991)
- 4: Dantzig and Fulkerson (1954)
- 5: Laderman et al. (1966)
- 6: Weille dan Ray (1974)
- 7: Dekker and Verhaghe (2008)
- 8: Penelitian yang akan dilakukan

2.2 Kerangka Teori

2.2.1 Komponen Shipping Cost

Menurut Lim, struktur biaya tetap dari *shipping cost* mencakup *crew expense*, *vessel expense*, *insurance*, dan depresiasi. Sementara itu, biaya variabel mencakup biaya-biaya yang terkait penanganan cargo, biaya kepelabuhanan, dan biaya *bunker*. Selain kedua komponen tersebut, biaya *overhead* yang mencakup pengeluaran administratif dan non administratif juga yang menjadi salah satu komponen dari *shipping cost* (Lim, 1994). Penjelasan mengenai jenis biaya dan komponen-komponen *shipping cost* pada *container shipping* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Struktur Biaya Container Shipping (Lim, 1994)

Jenis Biaya	Komponen	Item/Deskripsi
Biaya tetap	Biaya crew	<i>Wages, overtime, pensions, accident/sickness insurance, traveling/repatriation, provisions, victualing, cabin stores, dan lain sebagainya</i>
	Biaya perawatan kapal	<i>Stores/spares, lubricants, maintenance minor repair, annual survey, fresh water, communication charge, dan lain sebagainya</i>
	Asuransi	<i>Hull/machinery, war risks, freight/demurrage defence, P&I, marine risks, dan lain sebagainya</i>
	Depresiasi/amortisasi	<i>Ship, container, chassis, trailer, terminal property, equipment, dan lain sebagainya.</i>
Biaya variabel	Biaya penanganan cargo	<i>Cargo expenses, Terminal Handling Charges (THS), dan haulages</i>
	<i>Navigation expense</i>	<i>Port charges dan bunker expense</i>
<i>Overhead</i>	Biaya administratif	<i>Compensation, salaries and wages, fringe benefits, rental expenses, office expenses, communication expenses, dues and subscription, travel expenses, advertising, entertainment and solicitation, legal fees, taxes, dan lain sebagainya.</i>
	Biaya non administratif	<i>Interest expenses, foreign exchange losses, donations and contributions, miscellaneous losses, dan lain sebagainya.</i>

Selain Lim (1994), Stopford juga meneliti *liner shipping* untuk mengetahui struktur *shipping cost*. *Shipping cost* untuk *liner shipping* terdiri dari empat jenis biaya, yaitu biaya tetap, biaya *container*, biaya Administrasi, dan biaya penanganan cargo (Stopford, 2004). Meskipun secara umum sejalan dengan hasil dari penelitian Lim (1994), Stopford (2004) memasukkan biaya bunker dan biaya kepelabuhanan kedalam biaya tetap. Hal tersebut berbeda dengan Lim (1994) yang memasukkan dua komponen tersebut ke jenis biaya variabel. Struktur biaya untuk *liner shipping* yang dikemukakan oleh Stopford (2004) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

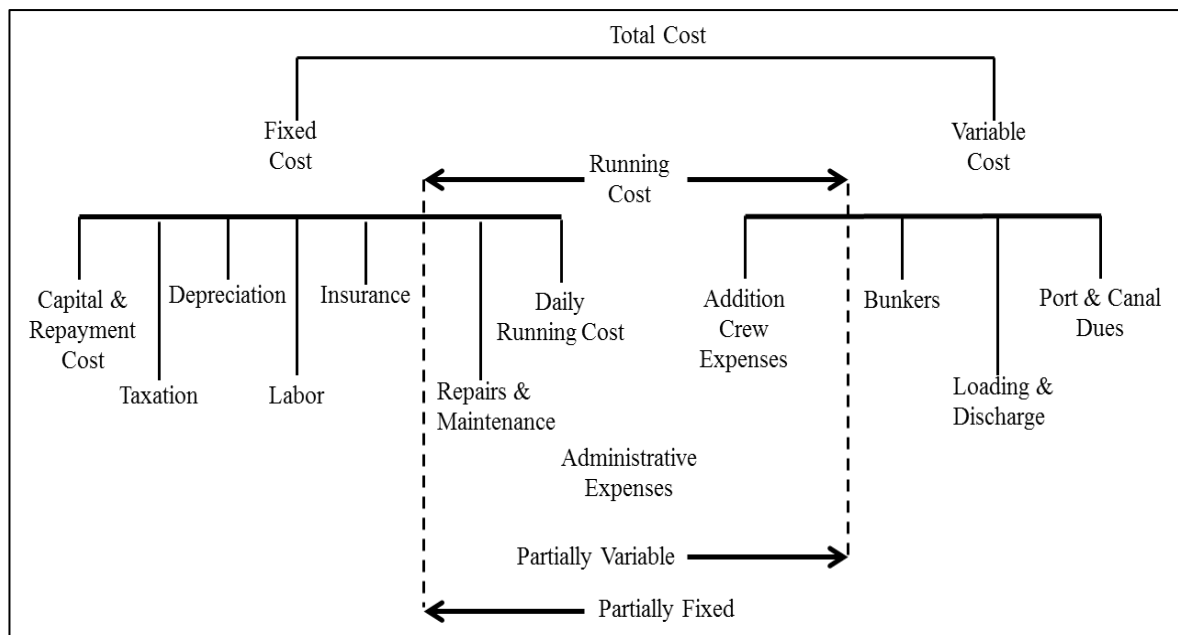
Tabel 2.2 Struktur Biaya Liner Shipping (Stopford, 2004)

Jenis Biaya	Komponen
Biaya tetap	Biaya operasional
	Biaya investasi

Jenis Biaya	Komponen
	<i>Bunker</i>
	<i>Port charges</i>
Biaya <i>container</i>	Biaya penyediaan <i>container</i>
	Biaya perawatan dan perbaikan <i>container</i>
Biaya Administrasi	Biaya administrasi
Biaya penanganan cargo	Biaya terminal untuk penanganan <i>container</i>
	<i>Regrigeration cost</i>
	<i>Inland intermodal transport cost</i>
	<i>Interzone re-positioning</i>
	<i>Cargo claims</i>

Penelitian yang dilakukan untuk mengelaborasi struktur *shipping cost* juga dilakukan oleh Branch (1998). Branch melakukan penelitian pada domain *containership shipping* dan membagi *shipping cost* ke dalam biaya operasional dan biaya tetap. Biaya operasional mencakup *direct cost* seperti biaya ke terminal, *transport*, *packing/unpacking*, dan lain-lainnya. Biaya operasional juga mencakup biaya yang terkait dengan kapal, kepelabuhanan, kontainerisasi, dan administrasi. Sementara itu, biaya tetap mencakup biaya administrasi, *stores*, *stores*, *bunker*, *dry docking*, perawatan kapal, asuransi, *crew*, dan depresiasi (Branch, 1998).

Secara lebih umum, hasil penelitian lain menunjukkan bahwa *shipping cost* dapat diklasifikasikan menjadi *fixed cost*, *partially fixed cost*, *partially variable cost*, dan *variable cost* (McConville, 1999). Menurut McConville (1999), dalam jangka pendek *capital cost*, pajak, depresiasi, upah tenaga kerja, dan asuransi merupakan *fixed cost*. Sementara itu, biaya perbaikan kapal, perawatan kapal, dan *daily running cost* dimasukkan ke dalam kelompok *partially fixed cost*. Adapun pengeluaran administratif merupakan biaya *partially fixed* dan *partially variable*. Sementara itu, pengeluaran akibat penambahan *crew* merupakan biaya *partially variable*. Komponen yang masuk ke jenis *variable cost* murni adalah *bunker*, *cargo handling*, dan *port/canal dues*. Secara lebih lengkap, klasifikasi atau struktur biaya *shipping* menurut McConville (1999) dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur Biaya Shipping Hasil Penelitian (McConville, 1999)

Selain komponen internal, penelitian lain menyebutkan bahwa *shipping cost* dapat mencakup komponen dari faktor eksternal. Dalam hal ini, komponen eksternal yang perlu diperhatikan adalah biaya yang timbul sebagai akibat atau dampak dari pemakaian infrastruktur transportasi secara bersama-sama. Penelitian yang dilakukan pada *liner shipping* menunjukkan bahwa *congestion*, *accident*, dan *enviromtent* merupakan faktor-faktor eksternal yang menjadi komponen pembentuk *shipping cost* (Gdansk, 2008). Gdansk (2008) menjelaskan *congestion cost* sebagai biaya tambahan yang harus ditanggung oleh *traffic user* dan masyarakat sebagai akibat dari padatnya tingkat penggunaan infrastruktur transportasi. Sementara itu, *accident cost* merupakan biaya yang timbul akibat adanya kecelakaan yang disebabkan oleh pemakaian infrastruktur transportasi secara bersama-sama. Yang terakhir, *enviromtent cost* merupakan semua dampak buruk terhadap lingkungan yang disebabkan oleh pemakaian infrastruktur transportasi.

2.2.2 Ukuran Produktivitas dan Efisiensi Pengangkutan

2.2.2.1 Produktivitas Pengangkutan

Blackstone (2010) mendefinisikan produktivitas sebagai suatu ukuran umum yang mengukur kemampuan sistem untuk memproduksi barang atau jasa. Menurut Coelli, et al (2005), produktivitas merupakan rasio antara output dari suatu sistem dibandingkan

dengan input sumber daya yang digunakan oleh sistem. Sumber daya yang dimaksud dapat berupa waktu, tenaga kerja, modal, dan lain sebagainya. Berdasarkan pengertian tersebut, peningkatan produktivitas dapat diartikan sebagai upaya untuk meningkatkan *output* dari suatu sistem dengan menggunakan *resource* yang sama atau upaya untuk mempertahankan *output* dari suatu sistem dengan menggunakan *resource* yang lebih sedikit. Pada penelitiannya, Park dan De (2004) menggunakan produktivitas sebagai salah satu ukuran yang dapat digunakan untuk mengukur *performance* dari suatu pelabuhan. Park dan De (2004) menggunakan rasio antara *cargo throughput* dan *berthing capacity* yang dimiliki oleh pelabuhan. Pada konteks yang lebih luas, produktivitas dari sistem transportasi laut dapat diwujudkan sebagai rasio antara output dari kegiatan pengangkutan dibandingkan dengan sumber daya yang diperlukan untuk melakukan kegiatan pengangkutan.

Jika *output* dari kegiatan pengapalan adalah cargo yang diangkut sedangkan sumber daya yang digunakan adalah waktu, maka produktivitas dapat diukur sebagai rasio antara volume cargo yang diangkut dibandingkan dengan waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan pengangkutan. Sebagai contoh, pada rute dan tipe kapal yang sama, kegiatan pengapalan yang berhasil mengangkut dan membongkar cargo sebesar 5.000 Kilo Liter (KL) selama 2 hari dikatakan memiliki produktivitas yang lebih baik dibandingkan dengan kegiatan pengapalan yang membongkar volume cargo yang sama selama 3 hari. Berdasarkan rasio ini, upaya peningkatan produktivitas dari sistem angkutan laut dapat dilakukan dengan meningkatkan volume cargo yang diangkut selama periode waktu yang sama atau menurunkan periode waktu pengangkutan untuk volume cargo yang sama.

Selain rasio tersebut, produktivitas pada sistem transportasi laut dapat direpresentasikan sebagai perbandingan antara volume pengangkutan cargo selama satu periode dengan biaya yang dikeluarkan untuk menyelenggarakan kegiatan pengangkutan selama satu periode. Sebagai contoh, pada periode waktu yang sama, kegiatan pengapalan yang dapat memindahkan cargo sebanyak 5.000 KL dengan biaya sebesar 10.000 USD dikatakan memiliki produktivitas yang lebih baik dari kegiatan dengan output yang sama tetapi memerlukan biaya sebesar 12.000 USD.

2.2.2.2 Efisiensi Pengangkutan

Berdasarkan definisi dari Blackstone (2010), efisiensi merupakan rasio antara *actual output* dengan *standard output* atau output maksimal yang dapat diproduksi oleh sistem. Sebagai contoh, selama periode 1 bulan, volume cargo standard yang seharusnya

dapat diangkut dari titik A ke B dengan kapal tipe X adalah 20.000 KL. Pada kenyataannya, dengan asumsi bahwa kondisi-kondisi yang lain sama dengan kondisi standar, pada bulan tertentu realisasi volume cargo yang diangkut dari titik A ke B dengan menggunakan tipe kapal X adalah sebesar 15.000 KL. Berdasarkan hal tersebut, efisiensi kegiatan pengangkutan pada bulan dimaksud adalah 75%. Berdasarkan hal tersebut, peningkatan efisiensi merupakan upaya untuk meningkatkan *actual output* dari suatu sistem sehingga dapat mendekati *standard output* yang dapat diproduksi oleh sistem.

2.2.3 Pemilihan TOC sebagai *Tools* untuk Menyelesaikan Permasalahan pada Sistem Angkutan Laut

TOC merupakan suatu *tools* yang memandang organisasi atau sistem sebagai kumpulan dari proses-proses dan komponen-komponen yang terintegrasi (Pozo et al, 2012). Berdasarkan hal tersebut, solusi yang dihasilkan dari pemanfaatan TOC diharapkan tidak bersifat *local optimum*. Hal tersebut berbeda dengan karakteristik beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang memandang komponen-komponen atau proses-proses yang terdapat pada sistem angkutan laut sebagai proses-proses yang independen.

Selain terkait cakupan analisis, TOC juga menyediakan kerangka kerja untuk menangani *constraint* dalam *time horizon* jangka pendek dan jangka panjang. Tahapan eksploitasi *constraint* yang terdapat pada *five focussing steps* TOC fokus untuk mengoptimalkan sistem dengan cara menangani *constraint* pada jangka pendek. Sementara itu, tahapan *elevate the system's constraint* yang terdapat pada TOC ditujukan untuk mengoptimalkan kinerja dari sistem dalam jangka panjang dimana pada tahapan tersebut terbuka peluang bagi pihak yang memanfaatkan TOC untuk membuka *constraint* melalui kegiatan investasi. Hal ini menjawab limitasi dari beberapa penelitian yang telah ada dimana sebagian besar diantaranya difokuskan untuk memberikan solusi optimal pada jangka pendek dengan mengasumsikan beberapa aspek seperti *demand* dan kondisi infrastruktur yang bersifat tetap dari waktu ke waktu.

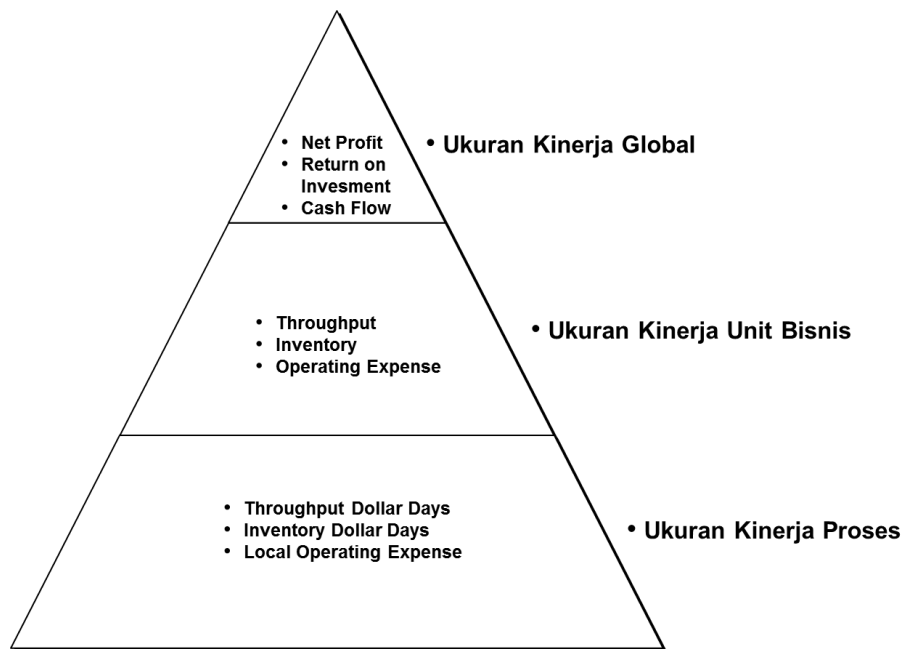
Dari aspek keselarasan pencapaian tujuan, TOC menyediakan ukuran kinerja global pada tingkat strategis dan ukuran kinerja tingkat taktikal serta operasional. Ketiga layer ukuran kinerja yang terdapat pada TOC saling selaras, sehingga pencapaian tujuan pada level terendah dapat menunjang pencapaian kinerja strategis. Hal ini menjawab batasan penelitian eksisting yang sebagian besar hanya fokus pada salah satu layer.

Pencapaian sasaran kinerja yang hanya difokuskan pada satu layer dapat menyebabkan hasil yang diperoleh tidak selaras dengan upaya pencapaian sasaran organisasi.

Pada konferensi APICS internasional tahun 1983, Goldratt menyampaikan bahwa metode *cost accounting* tradisional merupakan musuh utama dari produktivitas (Goldratt, 1983). Menurut Goldratt (1983), prinsip-prinsip dari *cost accounting* apabila diterapkan pada pengukuran kinerja secara lokal, biaya produk, dan keputusan investasi modal akan menyebabkan informasi yang diberikan ke pembuat keputusan menjadi tidak tepat yang pada akhirnya akan berdampak pada implementasi kebijakan yang tidak selaras dengan tujuan organisasi. Hal tersebut diperkuat oleh pendapat Smith (2000) yang menyatakan bahwa teori dibalik *financial accounting* hanya akan valid untuk keperluan pelaporan aktivitas yang telah lalu. Smith (2000) mengutarakan bahwa aksi yang diperlukan untuk mengoptimalkan *throughput* dan arus kas untuk saat ini dan di masa yang akan datang tidak sama dengan upaya untuk meminimalkan biaya secara lokal dan upaya untuk memaksimalkan pendapatan dalam jangka pendek (Smith, 2000).

Berdasarkan hal tersebut, Goldratt (1984) berupaya untuk menyelaraskan konsep TOC dengan kerangka *cost accounting*. Goldratt (1984) mengembangkan sistem pengukuran kinerja berbasis proses yang berfokus untuk meningkatkan kinerja finansial sistem secara menyeluruh yang diberi nama *Throughput Accounting* (TA). *Throughput Accounting* terdiri dari sembilan ukuran kinerja yang saling berkaitan. Pada level tertinggi, *Throughput Accounting* menyediakan tiga ukuran kinerja global yang selaras dengan tujuan dari TOC untuk meningkatkan produktivitas saat ini dan di masa yang akan datang, yaitu: Net Profit (NP), Return on Investment (ROI), dan Cash Flow (CF). Meskipun tiga ukuran tersebut digunakan pada TOC untuk mengukur kinerja global, Goldratt (1984) menyatakan bahwa ketiga ukuran tersebut tidak *applicable* untuk diterapkan pada level sub sistem. Untuk menjembatani *gap* antara ukuran kinerja finansial level korporat dengan ukuran kinerja level *business unit*, Goldratt dan Cox (1984) mengenalkan tiga ukuran kinerja level *plant* atau *business unit*, yaitu: Throughput (T), Inventory (I), dan Operating Expense (OE). Ukuran kinerja tingkat *plant* atau *business unit* menunjang pencapaian tujuan kinerja global dalam hal optimasi Net Profit dengan cara meningkatkan *revenue* dan mengurangi *inventory* serta *operating expense* (Cox et al, 1997). Karena ukuran kinerja yang ada masih belum dapat langsung diaplikasikan sampai pada tingkatan proses, sebagai alternatif dari ukuran efisiensi tradisional, Goldratt (1988) kemudian juga

memperkenalkan ukuran kinerja tingkat proses, yaitu: *Throughput Dollar Days (T\$D)*, *Inventory Dollar Days (I\$D)*, dan *Local Operating Expense*. Secara umum, konsep *Throughput Accounting* yang diperkenalkan oleh Goldratt adalah sebagaimana yang terdapat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Throughput Accounting* Diadopsi dari (Goldratt dan Cox, 1984)

Nilai yang ditawarkan TOC sesuai untuk mengatasi permasalahan pada sistem transportasi laut dimana saat ini sebagian besar solusi optimasi biaya operasional yang dilakukan masih terbatas pada *local optimum*, jangka pendek, dan fokus pada kinerja operasional. Dengan menggunakan TOC, solusi yang dihasilkan diharapkan dapat menghasilkan titik solusi terbaik yang paling memungkinkan dalam jangka pendek maupun jangka panjang serta selaras dalam menunjang pencapaian tujuan korporat.

2.2.4 Implementasi TOC

TOC merupakan filosofi manajemen yang telah banyak dimanfaatkan untuk meningkatkan kinerja sistem. Aplikasi TOC pada awalnya banyak diterapkan pada industri manufaktur. Meskipun demikian, akhir-akhir ini popularitas TOC di bidang jasa semakin meningkat.

2.2.4.1 TOC pada Bidang Manufaktur

Pada bidang manufaktur, aplikasi TOC telah banyak menuai kesuksesan. Pada penelitiannya, Blackstone dan Gardiner (2007) melakukan *review* secara komprehensif

terhadap 2000 penelitian terkait aplikasi TOC di bidang manufaktur yang telah dipublikasikan. Hasil dari *review* adalah sebagai berikut:

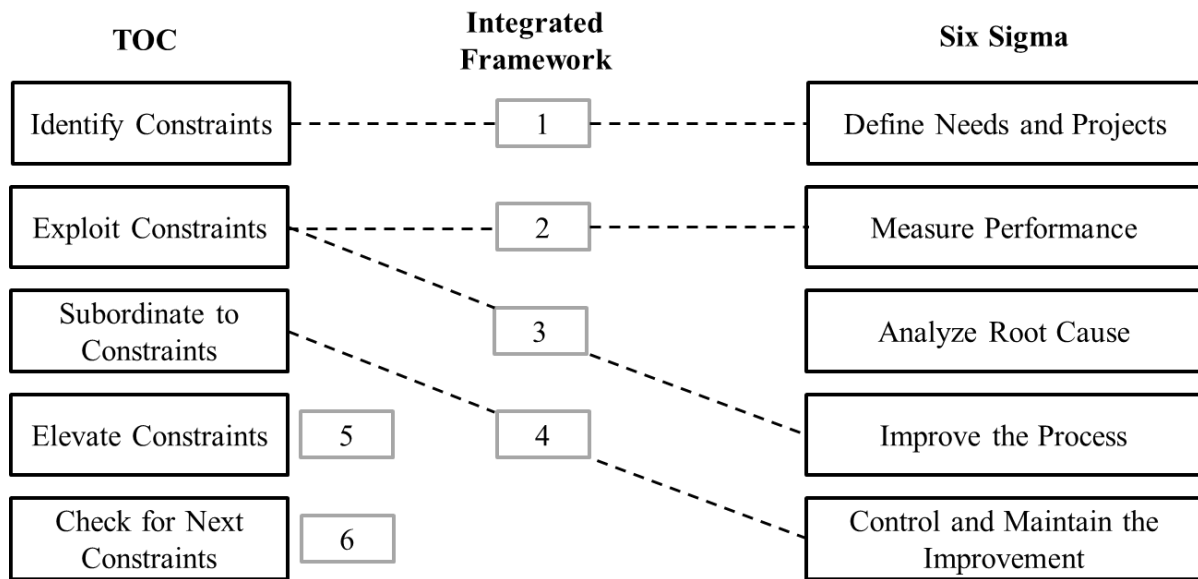
1. TOC berhasil dimanfaatkan untuk menurunkan *lead time* rata-rata sebesar 70%
2. TOC berhasil dimanfaatkan untuk menurunkan *cycle time* rata-rata sebesar 65%
3. TOC berhasil dimanfaatkan untuk menurunkan *inventory* rata-rata sebesar 49%
4. TOC berhasil dimanfaatkan untuk meningkatkan *throughput* rata-rata sebesar 63%

2.2.4.2 Aplikasi TOC dengan Konsep *Just in Time* (JIT)

Pada penelitian yang lain, Sale dan Inman melakukan survey ke 45 perusahaan di India untuk membandingkan kinerja dan perubahan kinerja dari perusahaan yang mengadopsi TOC secara tunggal, mengadopsi konsep *Just in Time* (JIT) secara tunggal, mengadopsi TOC dan JIT secara bersama-sama, dan tidak mengadopsi TOC maupun JIT sama sekali. Berdasarkan hasil penelitian, hipotesis bahwa adopsi TOC yang dilakukan secara bersama-sama dengan JIT akan menghasilkan kinerja yang lebih baik daripada adopsi TOC ataupun JIT secara terpisah tidak terbukti (Sale dan Inman, 2003).

2.2.4.3 Aplikasi TOC and Six Sigma

Ehie dan Sheu (2005) mengusulkan sebuah kerangka kerja yang mengintegrasikan TOC dengan Six Sigma untuk mengkombinasikan keuntungan yang ditawarkan oleh dua *tools* tersebut. Sebelum mengusulkan cara untuk mengintegrasikan keduanya, Ehie dan Sheu (2005) melakukan *review* dan menganalisis proses-proses yang terdapat pada dua *tools* tersebut. Cara untuk mengintegrasikan kedua *tools* tersebut adalah memanfaatkan TOC untuk mengidentifikasi *constraint* dan menggunakan Six Sigma untuk meningkatkan *output* dari *constraint* sebagaimana yang terdapat pada langkah *elevate the constraint* dari *five focusing steps* yang terdapat pada TOC. Six Sigma tidak seharusnya digunakan secara terpisah untuk meningkatkan kinerja dari semua proses karena hal tersebut akan menghasilkan *local optimum* (Ehie dan Sheu, 2005). Kerangka kerja integrasi TOC dan Six Sigma yang diusulkan terdapat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Kerangka Kerja Integrasi TOC dengan Six Sigma (Ehie dan Sheu, 2005)

2.2.4.4 Pemetaan TOC pada Bidang Manufaktur ke Jasa

Setelah banyak diterapkan dengan sukses di bidang manufaktur, beberapa peneliti mulai tertarik untuk mengadopsi, menerjemahkan, memodifikasi, dan mengaplikasikan konsep TOC pada bidang jasa. Siha (1999) berfokus untuk menerjemahkan beberapa kosakata yang terdapat pada TOC untuk digunakan pada industri jasa (Siha, 1999). Menurut Siha (1999), kosakata *inventory* yang biasa terdapat pada bidang manufaktur dapat diterjemahkan di bidang jasa sebagai suatu layanan yang tidak atau belum terdaya guna. Contoh dari *Inventory* di bidang jasa adalah ruang kamar pada hotel, kapasitas pada kapal, tempat duduk pada pesawat, dan lain sebagainya. Definisi tersebut selaras dengan definisi awal dari *inventory* yang menyatakan bahwa *inventory* merupakan jumlah uang yang diinvestasikan ke sesuatu yang mana perusahaan bertujuan untuk menjualnya. *Throughput* menurut Siha merupakan uang yang dihasilkan dari kegiatan menjual layanan. Untuk *Operating Expense*, Siha (1999) tidak mengubah definisi yang terdapat pada bidang manufaktur, sehingga di bidang jasa hal tersebut tetap diartikan sebagai biaya yang diperlukan untuk mengubah *Inventory* menjadi *Throughput*.

Ronen *et al* (2006), menerjemahkan kosakata *raw material* dan *Work in Process* (WIP) yang umum dipakai TOC pada bidang manufaktur ke bidang jasa (Ronen *et al*, 2006). Pada jasa pelayanan kesehatan, menurut Ronen (2006) *raw material* adalah pelanggan atau barang yang menunggu proses pelayanan, sedangkan WIP adalah

pelanggan atau barang yang sedang dilayani. Lebih lanjut, Ronen mendefinisikan *inventory* pada bidang jasa sebagai jumlah dari *WIP*.

2.2.4.5 Aplikasi TOC pada Bidang Jasa

Pada bidang jasa, Groop (2012) mengaplikasikan konsep TOC jasa pelayanan *home care*. Groop (2012) memandang jasa pelayanan *home care* sebagai sistem yang senantiasa dituntut untuk meningkatkan produktivitas di tengah-tengah peningkatan *demand* dan biaya yang terbatas. Meskipun telah banyak diimplementasikan di bidang manufaktur, Groop (2012) menangkap bahwa aplikasi TOC di bidang jasa, seperti pelayanan *home care*, masih terbatas. Agar adopsi TOC di bidang jasa dapat berjalan dengan sukses, beberapa perbedaan karakteristik antara industri jasa dan manufaktur perlu terlebih dahulu diidentifikasi (Groop, 2012).

Berdasarkan hal tersebut, Groop (2012) memeriksa beberapa perbedaan karakteristik dari proses-proses yang terdapat pada bidang jasa dan memeriksa dampaknya terhadap *applicability* dari TOC di bidang tersebut. Hasil penelitian dari Groop (2012) menunjukkan bahwa TOC dapat menyediakan kerangka kerja yang sistematis untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan faktor-faktor yang menghambat produktivitas pada bidang jasa pelayanan *home care*. Lebih lanjut, Groop (2012) menemukan bahwa faktor yang menghambat jasa pelayanan *home care* dalam meningkatkan produktivitasnya adalah *policy constraint* yang menyebabkan penumpukan *demand* di waktu-waktu tertentu. Penumpukan *demand* pada waktu-waktu tertentu tersebut pada akhirnya menyebabkan *peak time resource constraint* yang berdampak pada penggunaan tenaga kerja tambahan. Dengan menggunakan kerangka TOC, Groop (2012) berhasil mengurangi penggunaan tenaga kerja tambahan, sehingga sistem *home care* dapat dijalankan dengan lebih efisien.

Selain Groop (2012), Ellis (2011) mengembangkan metode *improvement* untuk operasi jasa dengan menggunakan kerangka TOC. Sebagaimana Groop (2012), Ellis (2012) juga menyoroti terbatasnya aplikasi TOC di bidang jasa. Pada penelitiannya, Ellis menggunakan metode simulasi untuk menguji metode *improvement* berbasis TOC di operasi *airline turnaround*. Dari penelitiannya, Ellis (2012) menemukan bahwa faktor yang membatasi operasi *airline turnaround* untuk meningkatkan produktivitasnya adalah keterbatasan sumber daya manusia pada waktu-waktu tertentu (*peak time resource constraint*). Dengan menggunakan prinsip TOC, Ellis (2012) mengusulkan cara baru untuk melakukan *deployment* tenaga kerja yang terbatas. Hasil penelitian Ellis (2012)

menunjukkan bahwa dengan memodifikasi konsep TOC dan mengembangkan metode baru untuk mengidentifikasi *constraint*, TOC dapat diaplikasikan dengan sukses pada bidang jasa.

Secara lebih lanjut, *bottleneck* pada bidang jasa didefinisikan sebagai proses yang apabila dijalankan dengan *rate* tertentu tidak dapat menyelesaikan pekerjaan yang telah diberikan. Untuk menyelesaikan pekerjaannya, *rate* dari proses yang menjadi *bottleneck* perlu ditingkatkan (Ellis, 2011). Ellis (2012) mengusulkan indikator baru berupa *bottleneck ratio* untuk menentukan tingkat dimana sebuah *resource* masuk ke kategori *constraint*. Hasil dari simulasi Ellis menunjukkan bahwa upaya untuk mendefinisikan ulang ukuran kinerja berbasis perspektif bisnis global dari yang sebelumnya ukuran kinerja operasional yang berfokus pada *local optimum* dapat meningkatkan penghematan ke perusahaan. Berdasarkan simulasi, biaya operasional tahunan dari industri *airline* dapat diturunkan sebesar 30% apabila utilisasi pekerja yang sebelumnya menjadi *constraint* dapat ditingkatkan.

Mulyono, *et al* (2016) mengaplikasikan TOC untuk mengidentifikasi *constraint* yang terdapat pada sistem transportasi laut. Mulyono menggunakan metode kombinasi *process map* berbasis *load/utilization* diagram dan statistik berbasis regresi linear untuk mengidentifikasi *constraint*. Hasil penelitian Mulyono, *et al* (2016) menunjukkan bahwa *constraint* pada sistem pengangkutan laut dapat diidentifikasi setelah dilakukan standarisasi *unit of measure* dari komponen-komponen sistem. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, *constraint* utama dari sistem transportasi laut yang menjadi studi kasus dari penelitian Mulyono, *et al* (2016) adalah keterbatasan kapasitas dermaga.

Manfaat, *et al* (2016) mengimplementasikan filosofi TOC pada sistem transportasi laut untuk meningkatkan produktivitas pengangkutan. Manfaat mengembangkan suatu *tools* untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas dari investasi sistem transportasi laut. Berdasarkan hasil penelitiannya, aktivitas investasi jetty akan berdampak positif terhadap turunnya biaya operasional pengangkutan laut karena investasi jetty akan mengurangi *congestion cost*.

2.3 *Theory of Constraint*

2.3.1 *Pengertian Theory of Constraint*

Teori kendala atau TOC merupakan filosofi manajemen sistem yang dikembangkan oleh Eliyahu M Goldratt sejak awal 1980-an. TOC dilatarbelakangi oleh pemahaman bahwa di dalam suatu sistem pasti terdapat beberapa masalah yang apabila dipecahkan maka kinerja dari sistem akan meningkat. Pada praktiknya, sumber daya yang dapat digunakan untuk mengatasi setiap permasalahan pada suatu sistem adalah terbatas. Berdasarkan prinsip Pareto, *80/20 rule*, upaya pemanfaatan sumber daya yang terbatas tersebut dapat dilakukan dengan memberikan fokus pada faktor-faktor atau elemen-elemen yang memiliki pengaruh terbesar terhadap kinerja dari sistem. Berdasarkan hal ini, sebagian besar kinerja dari suatu sistem dipengaruhi oleh elemen-elemen kunci yang berjumlah sedikit. Kemampuan untuk memfokuskan pada suatu hal yang paling penting dapat memberikan manfaat yang besar. Dalam hal ini, Goldratt menggarisbawahi bahwa *“focusing on everything is synonymous with not focusing on anything”* (Goldratt, 2010). Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa fokus merupakan hal yang sangat penting dan menjadi induk dari konsep TOC. Lebih lanjut, Goldratt (2010) menyatakan kira-kira hanya ada 0.1 % dari elemen sistem yang menentukan 99.99 persen kinerja sistem secara keseluruhan. Pada TOC, elemen-elemen kunci yang mempengaruhi kinerja dari suatu sistem tersebut adalah *constraint*.

Setiap sistem setidaknya pasti memiliki satu *constraint* yang membatasi kinerja dari sistem (Rahman, 1998). Hal tersebut didasarkan pada asumsi bahwa kinerja dari suatu sistem akan menjadi tidak terbatas apabila sistem tidak memiliki *constraint*. Karena merupakan inti dari prinsip TOC, beberapa peneliti telah mendefinisikan *constraint* secara jelas. *Constraint* adalah sesuatu yang membatasi sistem untuk menghasilkan kinerja yang lebih baik (Widjaya, 2004). *Constraint* juga merupakan segala sesuatu yang menghambat pencapaian tujuan sistem (Umble dan Srikant, 1996). Secara lebih umum, *constraint* sebagai segala sesuatu yang menghambat suatu entitas untuk bisa mencapai tujuannya Goldratt (1984).

2.3.2 *Jenis-Jenis Constraint pada TOC*

Constraint pada suatu sistem dapat dikelompokkan berdasarkan beberapa hal. Jika ditinjau berdasarkan asalnya, *constraint* terdiri dari kendala internal (*internal constraint*) dan kendala eksternal (*external constraint*) (Hansen dan Mowen, 2001). Kendala internal

merupakan faktor-faktor penghambat yang berasal dari dalam sistem, seperti keterbatasan jam mesin, dan lain-lain. Sementara itu, kendala eksternal merupakan faktor-faktor penghambat sistem yang berasal dari luar sistem, seperti permintaan pasar atau kuantitas bahan baku yang tersedia dari pemasok.

Jika ditinjau berdasarkan sifatnya, menurut Hansen dan Mowen (2001) *constraint* terdiri dari kendala yang mengikat (*binding constraint*) dan kendala yang tidak mengikat (*loose constraint*). Kendala mengikat adalah kendala yang terdapat pada sumber daya yang telah dimanfaatkan sepenuhnya, sedangkan kendala tidak mengikat adalah kendala yang terdapat pada sumber daya terbatas yang belum dimanfaatkan sepenuhnya.

Selain klasifikasi tersebut, pengelompokkan *constraint* juga dapat dilakukan ke dalam beberapa jenis, yaitu: kendala pasar (*market constraint*), kendala material (*material constraint*), dan kendala kapasitas (*capacity constraint*) (Umble dan Srikant, 1996). Kendala pasar menurut Umble dan Srikant (1996) merupakan kendala yang berhubungan dengan kemampuan sistem dalam memenuhi permintaan pasar. Sementara itu, kendala material adalah kendala yang berupa faktor input produksi seperti bahan baku, tenaga kerja, dan jam mesin. Yang terakhir, kendala kapasitas diidentifikasi sebagai kapasitas yang tersedia untuk mengolah sumber daya yang ada dalam mempertahankan proses produksi. Dari ketiga jenis kendala tersebut, Umble dan Srikant (1996) menunjuk *material constraint* dan *capacity constraint* sebagai kendala yang paling sering muncul di dalam suatu sistem.

Constraint juga dapat dibagi ke dalam tiga tipe, yaitu: *resource constraint*, *policy constraint*, dan *market constraint* (Watson et al, 2007). Menurut Watson et al (2007), *resource constraint* muncul ketika *demand* terhadap suatu sumber daya melebihi *capacity* dari sumber daya yang dimaksud. Sementara itu, *policy constraint* terjadi ketika kapasitas produksi dibatasi oleh beberapa peraturan baik formal maupun informal. Yang terakhir, *market constraint* terjadi ketika terdapat kondisi dimana kapasitas lebih tinggi daripada *demand* yang ada.

Pada penelitian yang dilakukan di konteks pelayanan kesehatan, *resource constraint* adalah “*the most heavily utilized resource that it cannot perform all its assigned tasks*” (Ronen et al, 2006). Menurut Ronen et al, *resource constraint* dapat muncul dalam beberapa bentuk sebagai berikut:

1. Keterbatasan sumber daya utama

Kejadian ini terjadi ketika *demand* terhadap sumber daya tertentu melebihi kapasitas dari sumber daya yang dimaksud. Pada kasus ini, penambahan kapasitas dari sumber daya dimungkinkan meskipun sulit.

2. *Bottleneck* permanen

Situasi ini terjadi ketika penambahan kapasitas dari sumber daya tidak dimungkinkan.

3. *Constraint* sumber daya pada waktu puncak

Bentuk ini merupakan kekurangan sumber daya yang terjadi pada waktu-waktu tertentu dimana *demand* terhadap sumber daya tersebut sedang ada di puncak. Pada waktu lain, sumber daya tersebut tidak menjadi *constraint* dan dapat memenuhi *demand* dengan baik.

4. *Constraint* musiman

Bentuk ini hampir mirip dengan *constraint* sumber daya waktu puncak, hanya saja rentang waktunya lebih lama, bisa bulanan atau tahunan.

5. *Constraint* sumber daya akibat kejadian khusus

Situasi ini terjadi ketika terdapat peningkatan *demand* akan sumber daya tertentu karena adanya kejadian-kejadian yang tidak terduga, seperti bencana alam dan lain sebagainya.

Berbeda dengan *resource constraint* yang terjadi karena kurangnya sumber daya untuk memenuhi *demand*, *policy constraint* terjadi karena adanya peraturan formal maupun informal yang menurunkan kinerja dari sistem. Salah satu contoh *policy constraint* adalah peraturan pemberian insentif ke karyawan yang hanya didasarkan pada kinerja masing-masing departemen (Goldratt, 2010). Hal tersebut menurut Goldratt (2010) akan mendorong organisasi untuk mencapai *local optima* masing-masing departemen, namun belum mendukung pencapaian *global optima* organisasi. Beberapa peneliti mengungkapkan bahwa *policy constraint* merupakan bentuk yang paling sering muncul dari *constraint* (Rahman, 1998).

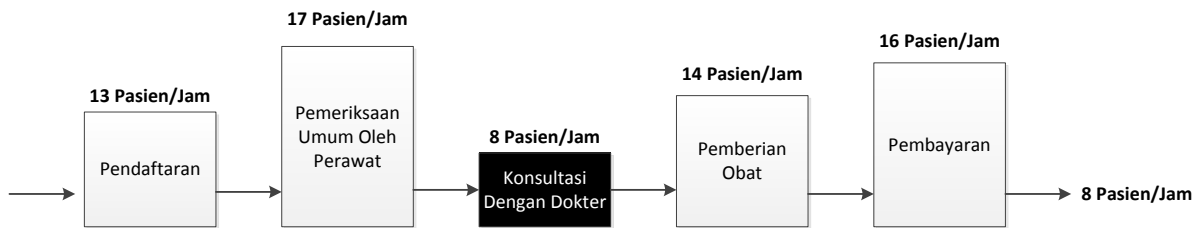
Market constraint dapat terjadi dalam dua tipe (Groop, 2012). Yang pertama terjadi ketika sistem memproduksi barang atau layanan yang kapasitasnya melebihi *demand*. Pada kondisi ini, barang atau layanan yang diproduksi oleh sistem tidak sepenuhnya terserap oleh pasar mengingat adanya keterbatasan *demand*. Yang kedua, *market constraint* terjadi ketika output dari suatu sistem turun atau tidak optimal sehubungan dengan adanya keterbatasan input, seperti bahan mentah, pasokan vendor, dan lain sebagainya. Dalam

kalimat lain, *market constraint* biasanya terjadi bukan diakibatkan oleh terbatasnya kapasitas dari sistem melainkan karena keterbatasan faktor-faktor eksternal (Ronen et al, 2006).

2.3.3 Peningkatan Kinerja Sistem Berbasis Konsep TOC

Karena *constraint* menentukan kinerja dari sistem secara keseluruhan, maka upaya untuk melakukan *improvement* terhadap *constraint* secara langsung akan berdampak pada peningkatan kinerja dari sistem (Rahman, 1998). Sejalan dengan hal tersebut, kegiatan *improvement* yang difokuskan kepada *constraint* akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja sistem (Breen et al, 2002). Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa *constraint* merupakan *leverage point* untuk mengelola dan meningkatkan kinerja dari suatu sistem (Blackstone, 2001).

TOC memandang sistem sebagai rangkaian proses atau *event* yang saling berhubungan (Breen et al, 2002). Berdasarkan hal ini, kinerja dari setiap proses akan bergantung kepada kinerja dari proses yang sebelumnya. Kinerja dari *constraint* dalam hal ini sangat menentukan *throughput* dari sistem. Breen *et al* (2002) memberikan contoh umum dari implementasi TOC pada sistem pelayanan pasien di klinik kesehatan. Pada sistem pelayanan di klinik kesehatan, rangkaian proses yang ada secara berturut-turut adalah pendaftaran, pemeriksaan umum oleh perawat, konsultasi dengan dokter, pemberian obat, dan pembayaran. Dalam hal ini, setiap proses memiliki rata-rata waktu pemrosesan yang berbeda-beda. Sebagai contoh, dalam 1 jam petugas pendaftaran dapat melayani sebanyak 13 pasien. Sementara itu, pada rentang waktu yang sama perawat dapat melakukan pemeriksaan umum ke 17 pasien. Konsultasi dengan dokter memerlukan waktu yang lebih lama, sehingga dalam rentang waktu 1 jam pasien yang dapat dilayani oleh dokter hanya 8. Petugas yang bertugas menyiapkan dan memberikan obat dapat melayani 14 pasien dalam waktu 1 jam. Yang terakhir, petugas administrasi dapat melayani pembayaran untuk 16 pasien selama 1 jam. Gambaran umum dari sistem pelayanan di klinik kesehatan dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Contoh Rangkaian Proses pada Sistem Pelayanan Kesehatan (Breen et al, 2002)

Berdasarkan contoh sistem pelayanan kesehatan sederhana yang terdapat Gambar 3.1, dapat diketahui bahwa kinerja dari suatu sistem bergantung pada kinerja dari elemen atau faktor yang menjadi *constraint* dari sistem. Sistem pelayanan kesehatan tersebut hanya dapat melayani 8 pasien dalam waktu 1 jam. Hal tersebut terjadi karena dalam jangka waktu 1 jam, dokter hanya dapat memberikan konsultasi kepada 8 pasien. Meskipun petugas pendaftaran, perawat, petugas pemberi obat, maupun penjaga kasir dapat melayani lebih banyak pasien dalam periode waktu yang sama, dalam 1 jam jumlah pasien yang terlayani hanya berjumlah 8 karena kinerja dari sistem terbatas oleh kapasitas dari dokter. Dalam hal ini, dokter merupakan *constraint* dari sistem pelayanan kesehatan.

Pada contoh yang sama, upaya untuk meningkatkan efisiensi pada proses-proses yang tidak menjadi *constraint* seperti proses pendaftaran, pemeriksaan umum oleh perawat, pemberian obat, dan pembayaran tidak akan secara langsung meningkatkan kinerja dari sistem. Sebagai contoh, apabila dalam waktu 1 jam perawat dapat meningkatkan kinerjanya, sehingga dapat melayani 20 pasien dari yang sebelumnya 17 pasien, maka pada periode yang sama jumlah pasien yang dapat dilayani oleh sistem tersebut tetap 8 pasien karena kinerja dari dokter tidak berubah.

Meskipun peningkatan efisiensi untuk elemen-elemen *non constraint* tidak secara langsung meningkatkan kinerja dari sistem, penurunan kinerja dari elemen *non constraint* di sisi yang lain dapat membuat kinerja dari sistem menjadi tidak optimal. Sebagai contoh, apabila karena suatu hal perawat yang memiliki tugas untuk melakukan pemeriksaan umum terhadap pasien sedang mengalami gangguan sehingga hanya dapat melayani 5 pasien dalam waktu 1 jam, maka pada periode yang sama dokter juga hanya dapat memberikan konsultasi ke 5 pasien. Hal tersebut lebih rendah dari kapasitas optimal dari dokter yang dapat melayani 8 pasien selama 1 jam, sehingga pada periode tersebut *throughput* dari sistem juga menurun dari 8 pasien menjadi 5 pasien. Meskipun pada jam berikutnya perawat dapat mengembalikan kinerjanya sehingga dapat melayani 17 pasien

dalam waktu 1 jam, adanya 3 pasien yang tidak terlayani pada jam dimana perawat mengalami gangguan tidak dapat kembali. Dalam hal ini, kinerja dari elemen-elemen *non constraint* juga harus diperhatikan agar utilisasi dari elemen yang menjadi *constraint* dari sistem dapat optimal.

Berdasarkan beberapa hal tersebut, maka yang perlu menjadi perhatian dalam melakukan peningkatan kinerja dari elemen *non constraint* adalah dengan menganalisis elemen sistem secara menyeluruh. Elemen-elemen *non constraint* tidak dapat dioptimasi secara lokal atau terisolasi karena kondisi *local optimum* untuk elemen *non constraint* tidak sama dengan kondisi *global optima* (Goldratt, 2010). Menurut Dettmer, “*the sum of local optima is not the system optimum*” (Dettmer, 1995). Berdasarkan filosofi TOC, kinerja dari sistem secara keseluruhan jauh lebih penting daripada kinerja dari masing-masing elemen pembentuk sistem.

2.3.4 Cabang Implementasi TOC

Secara umum, implementasi TOC dapat dikelompokkan ke dalam tiga cabang (Mabin dan Balderstone, 2000), yaitu:

1. Logistik
2. *Performance measurement*,
3. *Thinking process*.

Cabang logistik terdiri dari seperangkat *tools* dan metodologi yang dapat dimanfaatkan di beberapa konteks operasional seperti produksi, distribusi, dan manajemen proyek. Pada awalnya, TOC banyak diterapkan di lingkungan manufaktur.

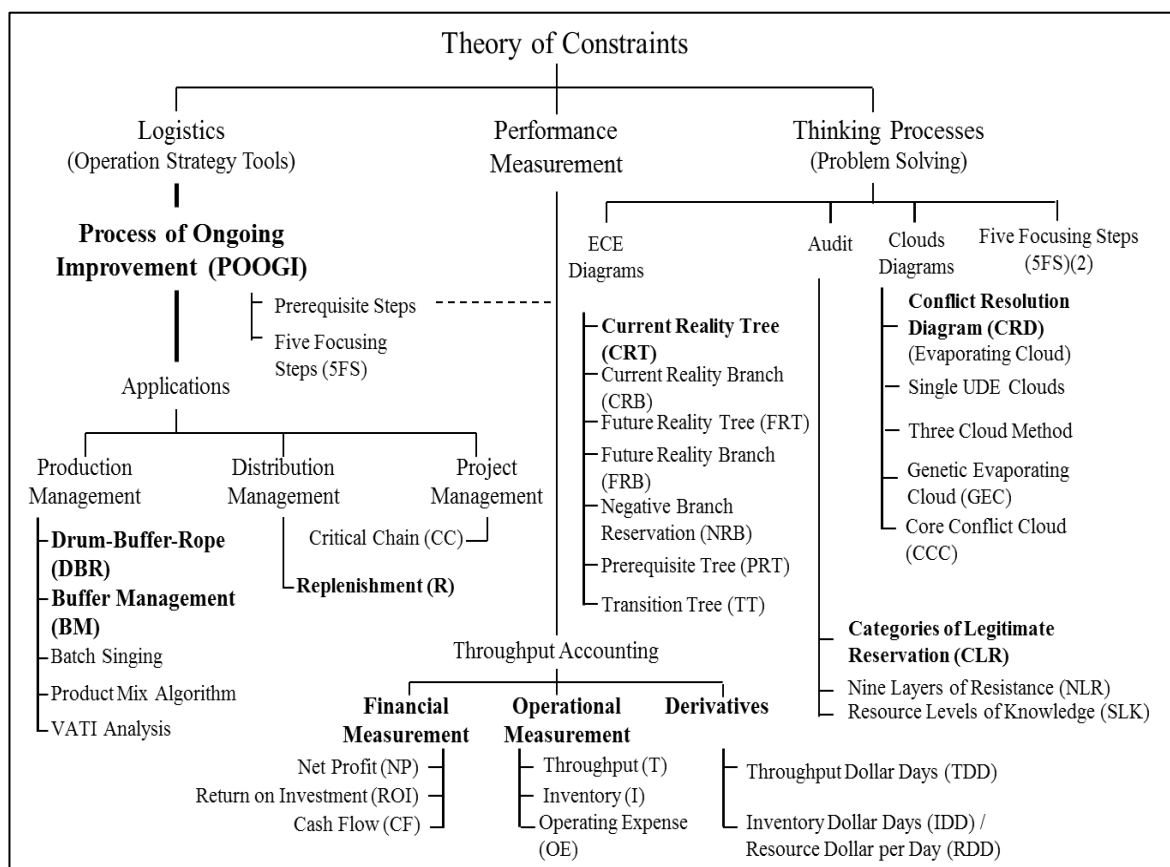
Cabang *performance measurement* mengemuka seiring dengan pemahaman bahwa metode *cost accounting* tradisional lebih banyak menghasilkan solusi *local optima* daripada *global optima*. Upaya untuk meningkatkan efisiensi di setiap tahap proses produksi belum tentu menghasilkan efisiensi yang optimal untuk sistem skala global (Goldratt dan Cox, 1984). Dalam hal ini, TOC menawarkan sekumpulan ukuran global yang dapat dimanfaatkan untuk memonitor kemampuan sistem dalam mencapai tujuan globalnya.

Cabang yang ketiga atau *thinking process* merupakan suatu metodologi penyelesaian masalah. Beberapa *tools* yang terdapat pada cabang *thinking process* merupakan cara yang

sistematis untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan permasalahan bisnis yang tidak terstruktur yang terkait dengan kebijakan manajemen (Watson et al, 2007).

Pada *thinking process*, permasalahan yang tengah dirasakan atau yang biasa disebut sebagai *Undesirable Effect* (UDE) dianalisis dengan menggunakan *tools* logika sebab akibat guna memisahkan penyebab permasalahan dengan efek permasalahan (Kim et al, 2008). Dalam perjalanannya, penekanan dari TOC telah berkembang mulai dari cabang logistik, *performance measurement*, sampai dengan *thinking process* (Moss, 2002). Lebih lanjut, *thinking process* merupakan cabang yang akan memiliki dampak besar untuk bisnis (Rahman, 1998).

Gambar 2.10 menjelaskan tiga cabang dari TOC beserta beberapa metodologi, teknik, dan *tools* yang terkait dengan masing-masing cabang yang di-update oleh Groop (2012) dari sumber utama Spencer & Cox (1995) dan Mabin & Balderstone (2000).



Gambar 2.10 Cabang Implementasi TOC Beserta Beberapa *Tools* Pendukung (Groop, 2012)

2.3.5 Metode Peningkatan Kinerja Sistem Berbasis TOC

2.3.5.1 Implementasi TOC pada Cabang Logistik

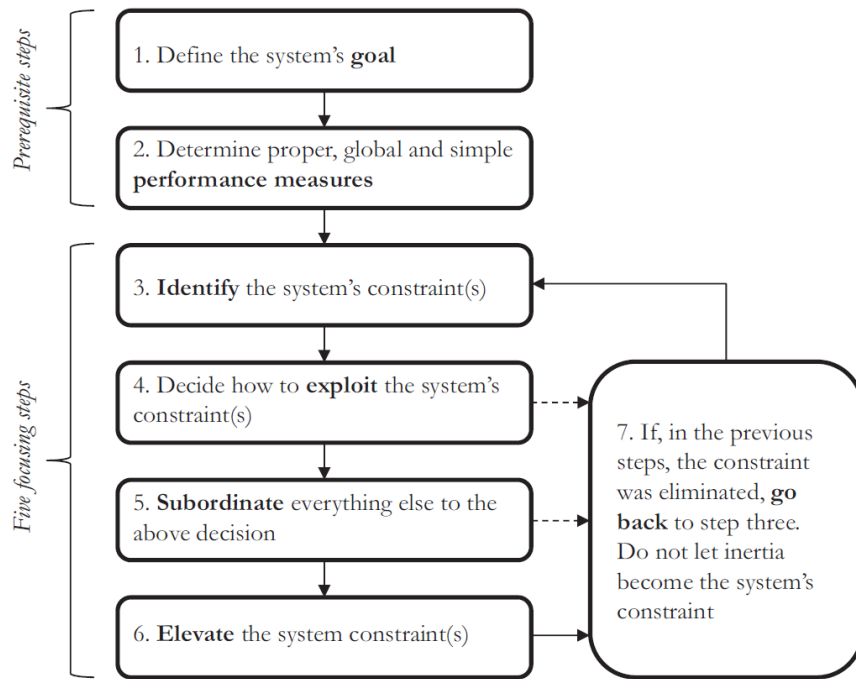
Bagian ini berisi hasil *review* mengenai beberapa metodologi dan *tools* yang ada pada cabang logistik seperti konsep *Process of Ongoing Improvement*, teknik penjadwalan *Drum-Buffer-Rope (DBR)*, *Buffer Management (BM)*, dan *replenishment*.

2.3.5.1.1 *Process of Ongoing Improvement*

Salah satu hal utama dari implementasi TOC adalah *the five focusing steps* yang merupakan tahap-tahap *improvement* secara berkelanjutan yang berfokus pada *constraint*. Blocheret al (2000) menjelaskan tahap-tahap implementasi TOC yang ada dalam *the five focusing steps* sebagai berikut:

1. Identifikasi *constraint*
2. Eksploitasi *constraint*
3. Pengelolaan aliran sistem yang melewati *constraint*
4. Peningkatan kapasitas *constraint*
5. Setelah *constraint* dieliminasi, kembali ke langkah 1.

Dalam perkembangannya, *the five focusing steps* berevolusi menjadi *the Process of Ongoing Improvement (POOGI)* (Watson et al, 2007). POOGI pada dasarnya merupakan *the five focusing steps* yang ditambahkan dengan dua langkah *pre-requisite*, yaitu pendefinisian tujuan sistem dan penentuan ukuran kinerja. Secara umum, langkah-langkah yang terdapat dalam POOGI dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Langkah-Langkah Implementasi TOC Sesuai The Process of Ongoing Improvement (Groop, 2012)

Penjelasan dari masing-masing langkah yang terdapat pada POOGI adalah sebagai berikut:

1. Langkah 1: *Define the system's goal*

Untuk menentukan *constraint* yang menghambat pencapaian tujuan dari suatu sistem, hal paling pertama yang harus dilakukan adalah mendefinisikan tujuan sistem. Pendefinisian tujuan sistem bergantung pada maksud dari adanya sistem. Tujuan dari sistem sebaiknya ditentukan oleh pemilik sistem (Goldratt, 1990). Lebih lanjut, Goldratt menjelaskan bahwa tujuan dari sistem harus merepresentasikan mengapa suatu sistem tersebut ada. Berdasarkan filosofi TOC, tujuan dari sistem harus bersifat global untuk menghindari adanya *suboptimization* atau *local optima*.

2. Langkah 2: *Determine global performance measures*

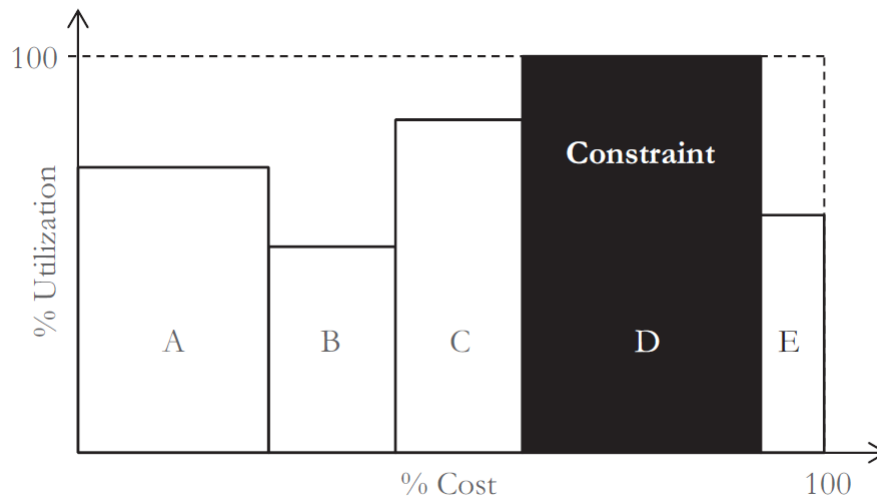
Kegiatan mengukur kinerja terkait pencapaian tujuan dari organisasi dan menentukan bahwa setiap langkah yang dilakukan membantu pencapaian tujuan organisasi memerlukan adanya suatu ukuran kinerja global (Ronen et al, 2006).

Ukuran kinerja global berfungsi untuk menerjemahkan tujuan dari sistem ke dalam satuan yang dapat diukur. Sebagaimana penjelasan sebelumnya, salah satu tantangan yang ada dalam organisasi adalah adanya kesulitan dalam mengukur dampak dari kinerja lokal terhadap kinerja sistem secara global. Dalam hal ini, sistem pengukuran kinerja yang terdapat di dalam TOC telah dikembangkan untuk membantu organisasi dalam mengevaluasi pengaruh dari keputusan lokal terhadap tujuan global (Gupta, 2003). TOC mendefinisikan sekumpulan ukuran kinerja operasional yang relevan dari segi operasional sekaligus selaras dengan tujuan global. Ukuran yang dimaksud adalah *Throughput (T)*, *Inventory (I)*, dan *Operating Expense (OE)*.

3. Langkah 3: *Identify the Constraint*

Identifikasi *constraint* merupakan langkah pertama yang terdapat pada *the five focusing steps*. Kegiatan identifikasi *constraint* berarti mengidentifikasi elemen atau faktor yang membatasi peningkatan kinerja sistem terkait dengan pencapaian tujuan sistem. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi *constraint* adalah dengan melakukan *load analysis*, yaitu dengan memeriksa utilisasi kapasitas dari beberapa sumber daya yang ada (Ronen et al, 2006). *Load analysis* dilakukan guna mengidentifikasi *bottleneck*.

Cost-utilization diagram (CUT) dapat digunakan untuk mengidentifikasi *constraint* (Ronen dan Spektor, 1992). Diagram tersebut menggambarkan utilisasi dari sumber daya pada sumbu Y dan biaya dari sumber daya pada sumbu X sebagaimana yang terdapat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Cost-Utilization Diagram yang Diusulkan oleh (Ronan dan Spector, 1992) untuk Mengidentifikasi Constraint

4. Langkah 4: *Exploit the Constraint*

Eksplorasi *constraint* merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengoptimalkan sumber daya yang ada, sehingga kinerja dari *constraint* dapat maksimal. *Constraint* dapat dieksploitasi dalam dua dimensi, yaitu: efisiensi dan efektivitas (Groop, 2012). Mengeksploitasi *constraint* berdasarkan dimensi efisiensi berarti memaksimalkan utilisasi dari *constraint*, sehingga tidak ada periode dimana *constraint* berada dalam keadaan *idle*. Di sisi lain, eksploitasi *constraint* berdasarkan dimensi efektivitas berarti memaksimalkan pemanfaatan *constraint* untuk item-item tertentu yang lebih berkontribusi terhadap pencapaian tujuan sistem. Ronen et al (2006) mencontohkan eksploitasi *constraint* berdasarkan dimensi efektivitas pada organisasi yang berorientasi pada *profit*. Pada konteks tersebut, *constraint* dapat dimanfaatkan secara optimal untuk produk-produk yang memberikan keuntungan lebih besar.

5. Langkah 5: *Subordinate Everything Else*

Setelah *constraint* berhasil diidentifikasi, hal selanjutnya yang perlu dilakukan adalah mengelola sumber daya *non constraint* berdasarkan *constraint* yang ada. Sumber daya *non constraint* harus dikelola sehingga *constraint* dapat diutilisasi sampai titik optimal pada setiap saat. Pada contoh sistem pelayanan kesehatan yang terdapat pada Gambar 2.7, apabila *constraint* dari sistem adalah dokter, maka

sumber daya yang lain seperti perawat, petugas administrasi, dan petugas pembagi obat harus dikelola sehingga utilisasi dari dokter sebagai *constraint* dapat optimal. Dalam hal ini, prinsip TOC lebih berfokus pada efisiensi di sisi *constraint* daripada efisiensi di setiap komponen-komponen sistem. Teknik TOC yang dapat digunakan untuk menjadwalkan sumber daya *non constraint* sesuai dengan *rate* pemrosesan *constraint* dikenal dengan *drum-buffer-rope* (DBR) (Goldratt, 1984).

6. Langkah 6: *Elevate the constraint*

Berdasarkan penjelasan dari Ronen et al (2006), *elevate the constraint* berarti meningkatkan kapasitas dari *constraint* guna meningkatkan *throughput* dari sistem secara keseluruhan. Jika pada tahap-tahap sebelumnya fokus dari *improvement* dilakukan dengan mengoptimalkan sumber daya yang ada, pada tahap ini *improvement* dilakukan dengan meningkatkan kapasitas melalui optimasi (Reid, 2007). Pada keadaan dimana yang menjadi *constraint* adalah sumber daya internal, kegiatan *constraint elevation* biasa dilakukan dengan melakukan penambahan infrastruktur. Apabila yang menjadi *constraint* adalah *market*, Reid (2007) menyatakan bahwa upaya *constraint elevation* dapat dilakukan dengan melakukan upaya-upaya *marketing* yang ditujukan untuk mengurangi faktor-faktor yang membatasi permintaan.

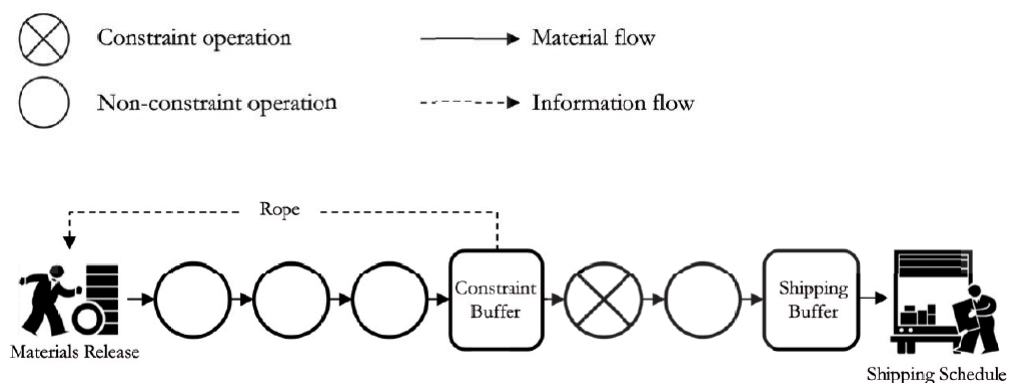
7. Langkah 7: Jika *constraint* telah dihilangkan, kembali ke langkah tiga.

Suatu sistem pasti memiliki setidaknya satu *constraint*. Setelah *constraint* berhasil dihilangkan, sistem pasti memiliki *constraint* baru yang lain. Ketika hal ini terjadi, menurut Goldratt (1990) yang harus dilakukan adalah mengulangi proses pada langkah tiga.

2.3.5.1.2 *Drum-Buffer-Rope (DBR)*

DBR merupakan teknik pada TOC yang dimanfaatkan untuk menjadwalkan dan mengelola sistem produksi. Menurut Mabin dan Balderstone (2000), DBR merupakan komponen TOC yang paling umum diaplikasikan. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, prinsip dari TOC adalah memandang suatu sistem sebagai serangkaian komponen/*event* yang saling berhubungan. Dalam DBR, *constraint* membatasi *throughput* dari sistem secara keseluruhan dianalogikan sebagai drum, atau komponen yang mengatur ritme dari

produksi. *Buffer* merupakan komponen yang terletak sebelum *constraint* yang ditujukan untuk mencegah *constraint* kekurangan sumber daya untuk diproses, sehingga *constraint* dapat diutilisasi secara optimal. Menurut Siha (1999), peran dari *buffer* adalah untuk mengisolasi *constraint* sehingga *constraint* tidak memberikan efek negatif terhadap sistem secara keseluruhan. *Rope* merupakan komponen yang ditujukan untuk mengatur mekanisme pelepasan material. Dalam hal ini, *rope* mengatur pelepasan material ke sistem produksi sesuai dengan *rate* konsumsi dari *constraint*. Secara umum, *buffer* berfungsi untuk memastikan bahwa *constraint* diutilisasi setiap saat, sedangkan *rope* bertugas untuk menyelaraskan sumber daya *non constraint* yang lain sesuai dengan *constraint*. Berdasarkan penjelasan Siha, *rope* berperan untuk memastikan bahwa *inventory* berada dalam level serendah mungkin, sehingga kinerja dari *constraint* dapat maksimal. Ilustrasi peran dari *drum*, *buffer*, dan *rope* pada sistem dengan *bottleneck* berdasarkan Groop (2012) dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Contoh peran Drum, Rope dan Buffer (Groop, 2012)

2.3.5.1.3 Buffer Management (BM)

BM merupakan teknik yang terdapat pada TOC untuk mengelola *trade-off* antara *lead time* dan proteksi dari *constraint*. Proteksi yang berlebihan melalui pelepasan material yang terlalu dini ke sistem produksi akan meningkatkan *Work in Process (WIP)* dan *lead time*, sedangkan proteksi yang kurang akan menyebabkan *constraint* menjadi *idle* dimana hal tersebut akan menurunkan kinerja dari sistem. BM ditujukan untuk memonitor *inventory* di depan sumber daya yang dilindungi (*constraint*) dan membandingkan antara kinerja yang direncanakan dengan kinerja aktual. Hal tersebut membuat potensi masalah menjadi dapat dikenali lebih awal.

2.3.5.1.4 *Replenishment*

Replenishment merupakan salah satu solusi TOC pada bidang distribusi dan *supply chain*. Konsep dasar dari *replenishment* adalah membiarkan *demand* untuk menarik *inventory* ke dalam sistem *supply chain* berdasarkan *actual demand*. Hal tersebut bertolak belakang dengan sistem konvensional yang mendorong *inventory* ke dalam sistem *supply chain* berdasarkan *forecast demand*.

Salah satu permasalahan umum yang ada pada sistem *supply chain* adalah mendorong *inventory* ke dalam sistem berdasarkan *forecast demand*. Apabila *inventory* yang masuk ke sistem lebih besar daripada yang seharusnya, kinerja dari sistem menjadi tidak optimal karena adanya *excess* biaya penyimpanan *inventory*. Apabila *inventory* yang masuk ke sistem lebih kecil daripada *actual demand*, kinerja dari sistem juga tidak optimal mengingat adanya *opportunity loss*.

Secara sederhana, solusi yang ditawarkan oleh TOC dalam hal ini adalah dengan melakukan *replenishment* item-item ke sistem berdasarkan *actual demand*. Implementasi dari *replenishment* biasanya adalah dengan menempatkan beberapa bagian *inventory* di suatu *warehouse* dan beberapa bagian yang lain di pabrik. Hal tersebut berbeda dengan praktik umum dari *supply chain* yang menempatkan sejumlah besar *inventory* di *retailer*. Dasar dari konsep tersebut adalah fluktuasi *demand* yang berada di *warehouse* atau pabrik akan jauh lebih sedikit daripada fluktuasi yang ada di *retailer*. *Replenishment* pada dasarnya merupakan aplikasi dari DBR pada bidang *supply chain*.

2.3.5.2 Implementasi TOC pada Cabang *Performance Measurement*

Konsep *performance measurement* yang ada pada TOC adalah konsep *measurement* yang dirancang untuk mendukung pencapaian tujuan sistem secara keseluruhan. Hal tersebut berbeda dengan konsep *performance measurement* tradisional yang lebih berorientasi pada aspek lokal (*local optimum*) daripada aspek global.

2.3.5.2.1 *Profit Oriented Organization*

Dari perspektif *profit*, apabila tujuan dari organisasi adalah untuk memperoleh keuntungan, maka ukuran yang dapat digunakan adalah Net Profit (NP), Return on Investment (ROI), dan Cash Flow (CF). Meskipun beberapa ukuran tersebut dapat menggambarkan apakah suatu organisasi berhasil memperoleh uang atau tidak, ukuran tersebut tidak dapat menjustifikasi apakah aksi-aksi atau tindakan-tindakan spesifik yang

dilakukan di organisasi membawa dampak positif ke pencapaian tujuan atau tidak. Dalam hal ini, level kelas menengah akan kesulitan untuk mengetahui apakah segala keputusan yang diambil memiliki pengaruh terhadap NP, ROI, atau CF. Berdasarkan hal tersebut, yang menjadi tantangan utama adalah menemukan ukuran operasional yang relevan dengan pencapaian ukuran global, sehingga segala keputusan pada tingkat lokal dapat diketahui pengaruhnya ke pencapaian tujuan sistem secara global.

TOC memperkenalkan sekumpulan ukuran operasional yang dapat menerjemahkan tujuan sistem secara global ke dalam ukuran kinerja operasional. Berdasarkan Goldratt dan Cox (1984), tiga ukuran dasar yang dimaksud adalah:

1. *Throughput (T)*

Throughput adalah *rate* dimana sistem menghasilkan uang melalui penjualan.

2. *Inventory (I)*

Inventory adalah seluruh uang yang diinvestasikan sistem ke bentuk barang yang akan dijual.

3. *Operating Expense (OE)*

Jumlah uang yang dibelanjakan untuk mengubah *inventory* menjadi *throughput*

Berdasarkan penjelasan mengenai tiga ukuran dasar tersebut, dapat diketahui bahwa pengertian dari T, I, dan OE berbeda dengan pengertian konvensional. Pada pengertian konvensional, *throughput* merupakan jumlah unit yang diproduksi, sedangkan pada TOC *throughput* merupakan *net sales* atau pendapatan dikurangi dengan biaya variabel. Dalam konteks TOC, *inventory* merupakan biaya bahan mentah. Sementara itu, *operating expense* pada TOC merupakan semua biaya selain biaya bahan mentah.

Secara umum, ukuran operasional T, I, dan OE memiliki hubungan langsung terhadap ukuran global seperti NP, ROI, dan CF. Peningkatan T akan berdampak pada peningkatan NP. Sementara itu, Penurunan I akan berpengaruh terhadap peningkatan NP. Yang terakhir, penurunan OE menyebabkan peningkatan NP.

Menurut Gupta (2003), hubungan antara T, I, OE, NP, dan ROI adalah sebagai berikut:

$$NP = T - OE \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$ROI = \frac{NP}{I} = \frac{T-OE}{I} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Inventory\ turns = \frac{T}{I} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$Productivity\ ratio = \frac{T}{OE} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Berdasarkan formula-formula yang ada, dapat diketahui bahwa ukuran operasional yang ada pada TOC bersifat aplikatif di beberapa level organisasi serta menjamin keselarasan antara sasaran lokal dengan tujuan global. TOC berpedoman bahwa semua keputusan yang diambil harus didasarkan pada landasan untuk meningkatkan *throughput*, menurunkan *inventory*, atau menurunkan biaya operasional (Lockamy dan Spencer, 1998).

2.3.5.2.2 *Non-For-Profit Organization*

Menurut Dettmer (1995) *throughput* tidak harus diterjemahkan sebagai keuntungan. Dalam hal ini, salah satu penerjemahan dari *throughput* selain keuntungan finansial adalah jumlah produk atau layanan yang disediakan.

2.3.5.3 Implementasi TOC pada Cabang *Thinking Process*

Thinking Process (TP) merupakan cabang TOC yang berisi sekumpulan *tools* umum yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelola *policy constraint* atau *constraint* yang tidak bersifat fisik seperti kebijakan manajemen atau praktik-praktik organisasi yang kuno (Goldratt, 1994). Menurut Watson et al (2007), TP berisi *roadmap* untuk menemukan solusi akan permasalahan yang kompleks dan tidak terstruktur.

Thinking process secara umum dilandaskan pada beberapa prinsip sebagai berikut (Dettmer, 1995):

1. Kinerja dari sistem secara keseluruhan dipengaruhi oleh setiap komponen sistem
2. Bagian-bagian dari sistem bersifat saling terhubung
3. Jika sekumpulan komponen dari sistem dikelompokkan ulang, komponen-komponen tersebut akan membentuk sebuah *subgroup* yang memiliki sifat sebagaimana prinsip pertama dan prinsip kedua
4. Jika sistem memiliki kinerja yang optimal, tidak lebih dari satu komponennya yang memiliki kinerja yang sama.

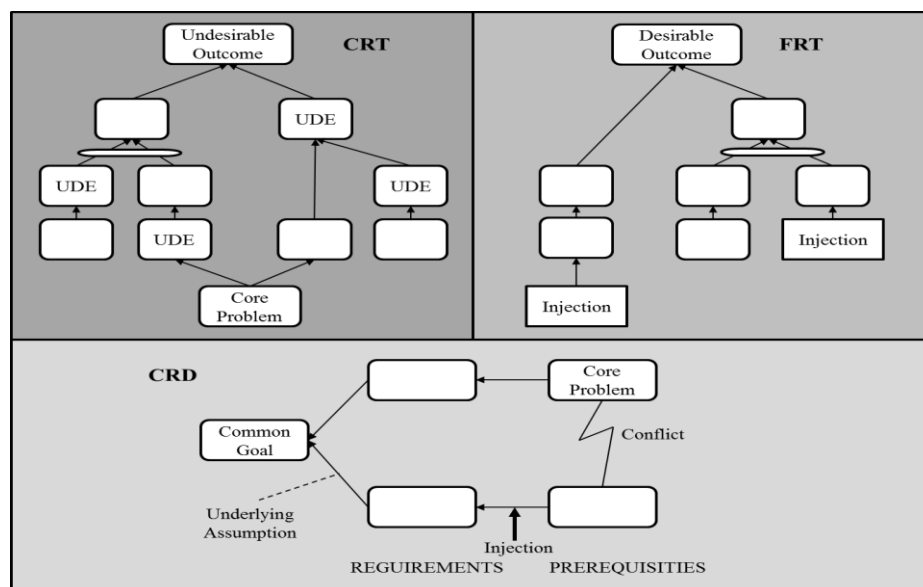
Pada TP dikenal representasi adanya masalah melalui gejala atau yang biasa disebut sebagai *Undesirable Effects (UDE)*. UDE memberikan gambaran bahwa sistem tidak bekerja sebagaimana mestinya. Masalah utama biasanya cukup sulit untuk diidentifikasi

karena masalah tersebut dimanifestasikan ke dalam beberapa UDE yang terhubung ke jaringan sebab akibat.

Menurut Goldratt (1990), TP memberikan bantuan untuk menjawab tiga pertanyaan dasar, yaitu:

1. *What to change*
2. *What to change to*
3. *How to cause the change*

Untuk mengidentifikasi masalah utama atau *what to change*, pada TP dikenal adanya tool *Current Reality Tree (CRT)*. CRT menggambarkan hubungan logis antar komponen sistem yang memiliki kinerja tidak sebagaimana mestinya. Masalah utama biasanya muncul karena adanya konflik antara kondisi-kondisi yang saling bertentangan. *Conflict Resolution Diagram (CRD)* pada TP dapat digunakan untuk menggambarkan konflik yang ada. Selanjutnya, aksi lanjut atau yang biasa dikenal sebagai *injections* dirancang dan diintegrasikan ke dalam *Future Reality Tree (FRT)* yang menggambarkan secara logis bahwa perubahan yang diusulkan akan menghasilkan kondisi yang diinginkan. Hubungan antara CRT, CRD, dan FRT sebagaimana yang disusun oleh Groop (2012) dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Hubungan antara CRT, CFD, dan CRT (Groop, 2012)

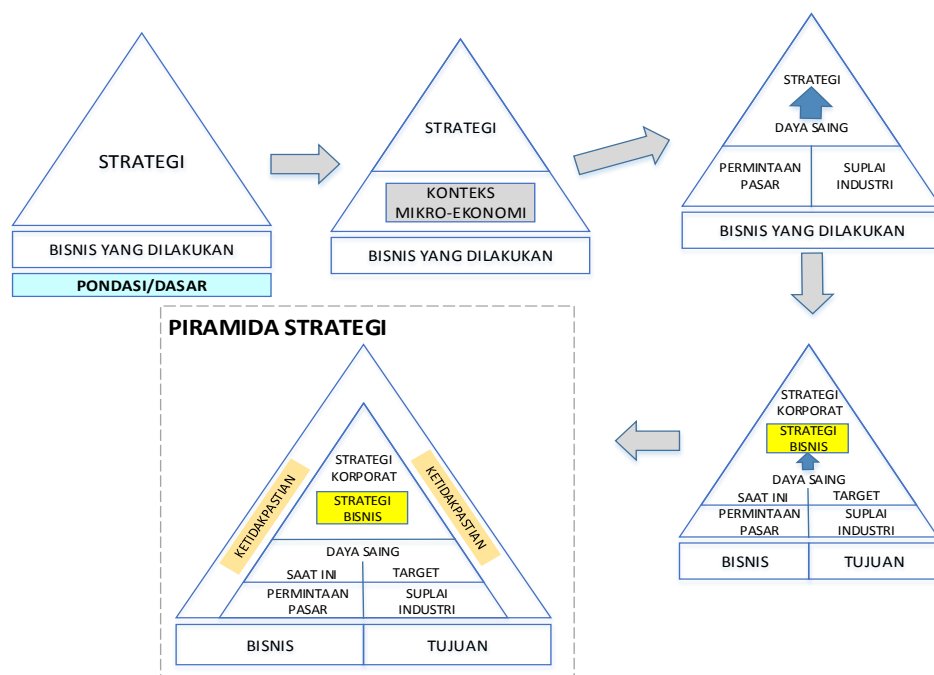
2.4 Dasar Pengambilan Strategi Bisnis

Penelitian ini diturunkan dalam upaya menjawab persoalan bagaimana strategi bisnis perlu dilakukan dalam mencapai tujuan perusahaan. Setiap perusahaan, baik yang

bergerak di bidang jasa maupun nonjasa, dalam melakukan kegiatan bisnis memerlukan strategi yang mampu menempatkan perusahaan pada posisi yang terbaik, mampu bersaing serta terus berkembang dengan mengoptimalkan semua potensi sumber daya yang dimiliki (Sitepu, 2005). Menurut Porter (1993) *“Strategy is about competitive position, about differentiating yourself in the eyes of the customer, about adding value through a mix of activities different from those used by competitors”*.

Dalam pengambilan strategi bisnis salah satu komponen yang harus diperhatikan adalah daya saing (*competitiveness*). Menurut Pitelis (2008) *“competitiveness” is both elusive and controversial*, sedangkan Porter (1993) menyatakan, bahwa “persaingan adalah inti dari keberhasilan”. Agar dapat memenangkan setiap persaingan, setiap perusahaan harus memiliki strategi bersaing. Keunggulan bersaing yang berkelanjutan (*Sustainable Competitive Advantage/SCA*) adalah keunggulan yang tidak mudah ditiru, membuat suatu perusahaan dapat merebut dan mempertahankan posisinya sebagai pimpinan pasar. Karena sifatnya yang tidak mudah ditiru, keunggulan bersaing yang berkelanjutan merupakan satu strategi bersaing yang dapat mendukung kesuksesan suatu perusahaan untuk jangka waktu yang lama.

Berikut adalah gambaran bagaimana strategi perusahaan dikembangkan dari dasar/pondasi bisnis hingga pada faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi strategi bisnis.



Gambar 2.15 Piramida Strategi (Porter, 1993)

Sesuai dengan gambar di atas dapat dilihat bahwa terdapat 9 komponen yang harus diperhatikan dalam menyusun strategi bisnis, diantaranya:

1. Mengetahui bisnis yang dilakukan
2. Menentukan tujuan dan sasaran dari bisnis tersebut
3. Memperkirakan/*forecasting* kebutuhan pasar
4. Melakukan pengukuran kompetisi industri
5. Melakukan perankingan/posisi bisnis yang dilakukan tersebut dalam kompetitif industry
6. Membuat target dalam “*strategic gap*”
7. Membawa target tersebut dalam strategi bisnis
8. Membawa target tersebut dalam strategi korporasi
9. Mengatasi risiko dan kesempatan (*opportunity*)

2.5 Pemilihan TOC sebagai *Tools* Perumusan Strategi Perusahaan

Pada penelitian ini, TOC dipilih sebagai *tools* untuk merumuskan strategi guna mencapai tujuan perusahaan pada bidang sistem transportasi laut. TOC dipilih karena:

1. Menyediakan ukuran kinerja global pada tingkat strategis, taktikal, dan operasional.

Pada level strategis, TOC menyediakan ukuran kinerja berupa Net Profit (NP), Return on Investment (ROI), dan Cash Flow (CF). Pada level *business unit*, TOC menyediakan ukuran kinerja berupa Throughput (T), Inventory (I), dan Operating Expense (OE). Pada level proses, ukuran kinerja yang disediakan adalah *Throughput Dollar Days (T\$D)*, *Inventory Dollar Days (I\$D)*, dan *Local Operating Expense*.

Beberapa ukuran kinerja tersebut diharapkan akan membuat upaya optimasi sistem transportasi laut menjadi dari level operasional sampai ke level strategis, Hal tersebut menjawab keterbatasan dari beberapa penelitian eksisting yang cenderung fokus pada *layer* operasional yang sulit untuk ditelusuri keterkaitannya dengan upaya pencapaian tujuan perusahaan atau organisasi.

2. Memandang sistem sebagai suatu kesatuan proses dan komponen yang saling berkaitan

TOC memandang sistem sebagai suatu kumpulan dari proses-proses dan komponen-komponen yang saling terintegrasi dan berkaitan. Dengan menggunakan TOC, analisis terhadap proses dilakukan secara menyeluruh. Hal tersebut diharapkan dapat menjawab keterbatasan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan dimana sebagian besar fokus pada proses-proses tertentu yang menghasilkan solusi *local optimum*.

3. Menyediakan kerangka kerja untuk merumuskan langkah-langkah taktikal jangka pendek dan strategi jangka panjang

Five focussing steps yang terdapat pada TOC menyediakan tahapan *elevate the system's constraint* untuk mengoptimalkan sistem secara taktikal pada jangka pendek dan tahapan *elevate the system's constraint* yang terkait dengan upaya peningkatan kapasitas untuk mengoptimalkan sistem secara strategis dalam jangka panjang.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

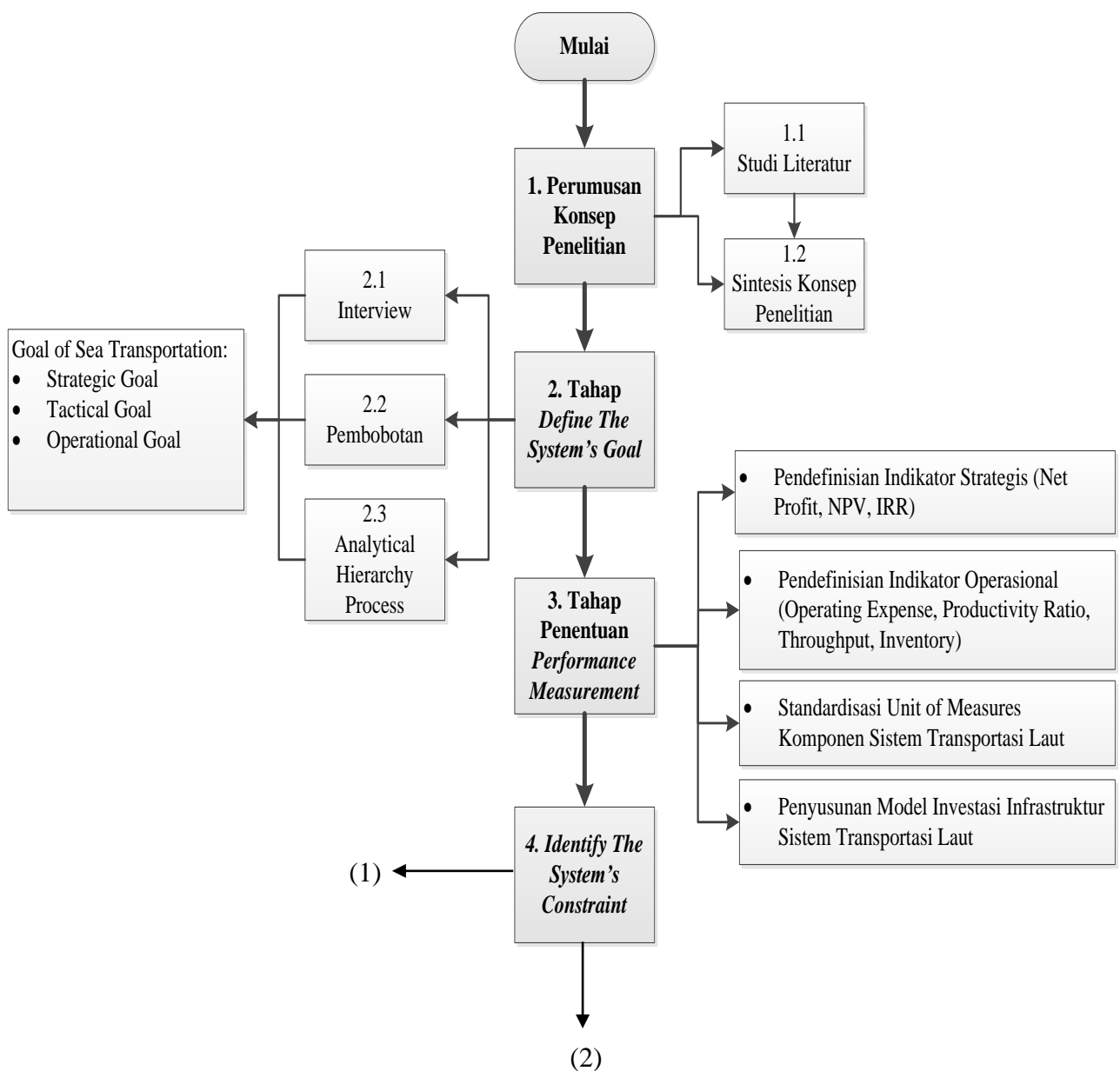
3.1 Perumusan Konsep Penelitian

Penelitian ini difokuskan untuk mengaplikasikan konsep TOC ke dalam bidang sistem pengangkutan laut. Tujuan dari pengaplikasian TOC adalah untuk merumuskan strategi baik pada tataran strategis, operasional, maupun taktikal guna meningkatkan kinerja dari sistem pengangkutan laut. TOC dipilih sebagai pedoman utama dan kerangka kerja untuk meningkatkan kinerja sistem pengangkutan laut dengan pertimbangan sebagai berikut:

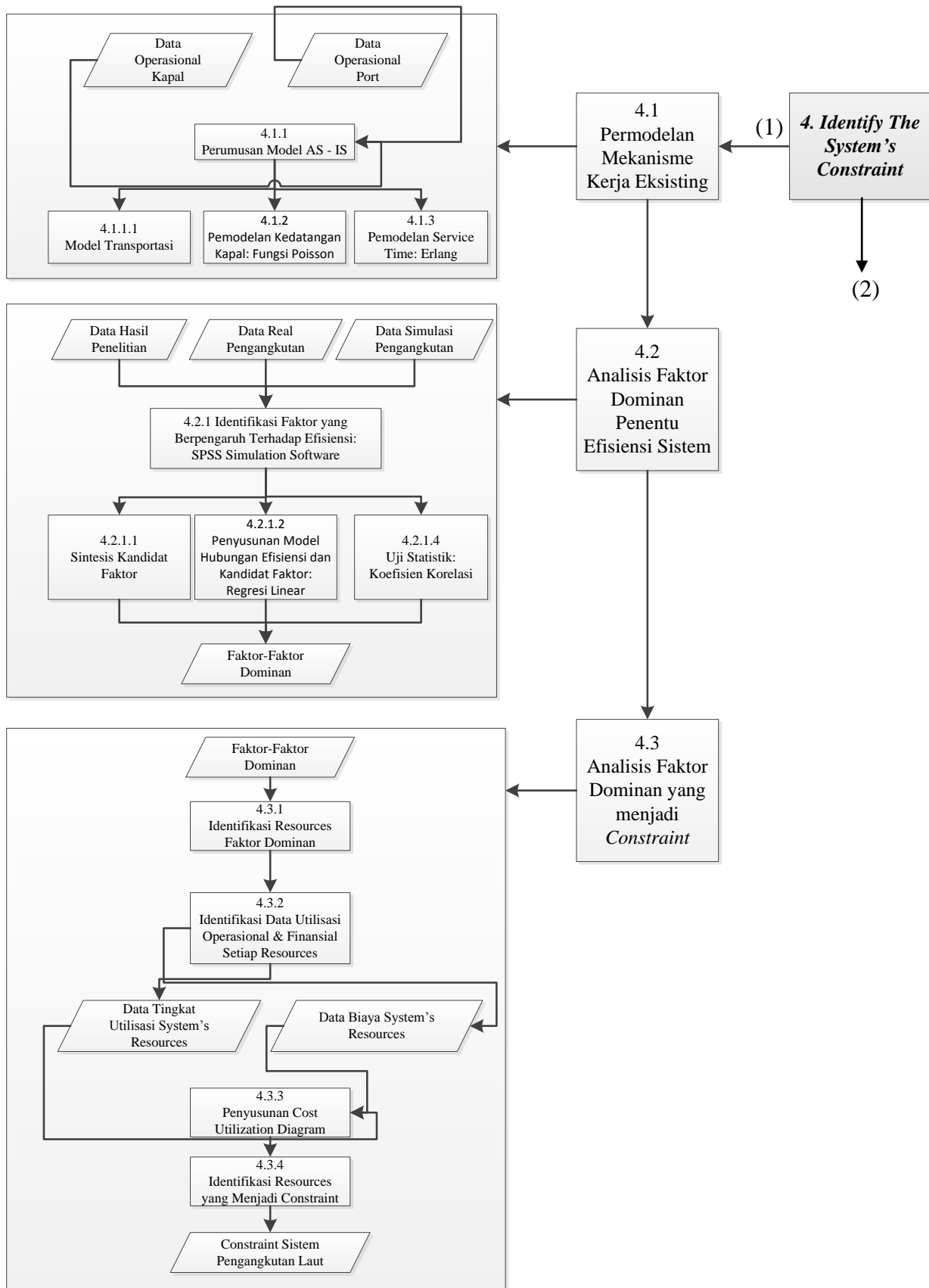
1. Sistem pengangkutan laut terdiri dari beberapa komponen yang saling terhubung.
2. Sistem pengangkutan laut setidaknya memiliki satu *constraint* yang membatasi sistem untuk meningkatkan kinerjanya terutama yang berkaitan dengan pencapaian tujuan sistem. Kerangka kerja TOC dapat diterapkan untuk mengidentifikasi *constraint* yang membatasi kinerja dari sistem pengangkutan laut. Selain itu, TOC dapat digunakan untuk mengelola *constraint* sehingga kinerja dari sistem pengangkutan laut dapat optimal.
3. Sebagian besar upaya peningkatan kinerja dari sistem pengangkutan laut yang dilakukan selama ini lebih berfokus untuk mengoptimalkan komponen-komponen dari sistem pengangkutan laut secara terpisah. Menurut Goldratt (2010), elemen-elemen dari sistem tidak dapat dioptimasi secara lokal atau terisolasi karena kondisi *local optimum* untuk elemen *non constraint* tidak sama dengan kondisi *global optima*. Berdasarkan Dettmer (1995), “*the sum of local optima is not the system optimum*”. Dalam hal ini, TOC menawarkan hal baru terkait peningkatan kinerja sistem dimana tujuan dari *improvement* adalah untuk menemukan solusi *global optima*.
4. TOC menyediakan *performance measurement* pada tingkat operasional yang selaras dengan tujuan sistem secara keseluruhan. Ukuran seperti *Operational Expense*, *Throughput*, *Inventory*, atau *Productivity* dapat diadopsi dan dimodifikasi pada sistem pengangkutan laut. Upaya penanganan *constraint* pada sistem pengangkutan laut dapat ditujukan untuk menurunkan *operational expense*, meningkatkan *productivity*, atau menurunkan *inventory*, sehingga pada akhirnya dapat mendukung pencapaian tujuan sistem secara keseluruhan.

3.2 Adaptasi Kerangka *The Process of Ongoing Improvement* (POOGI) pada TOC di Sistem Pengangkutan Laut

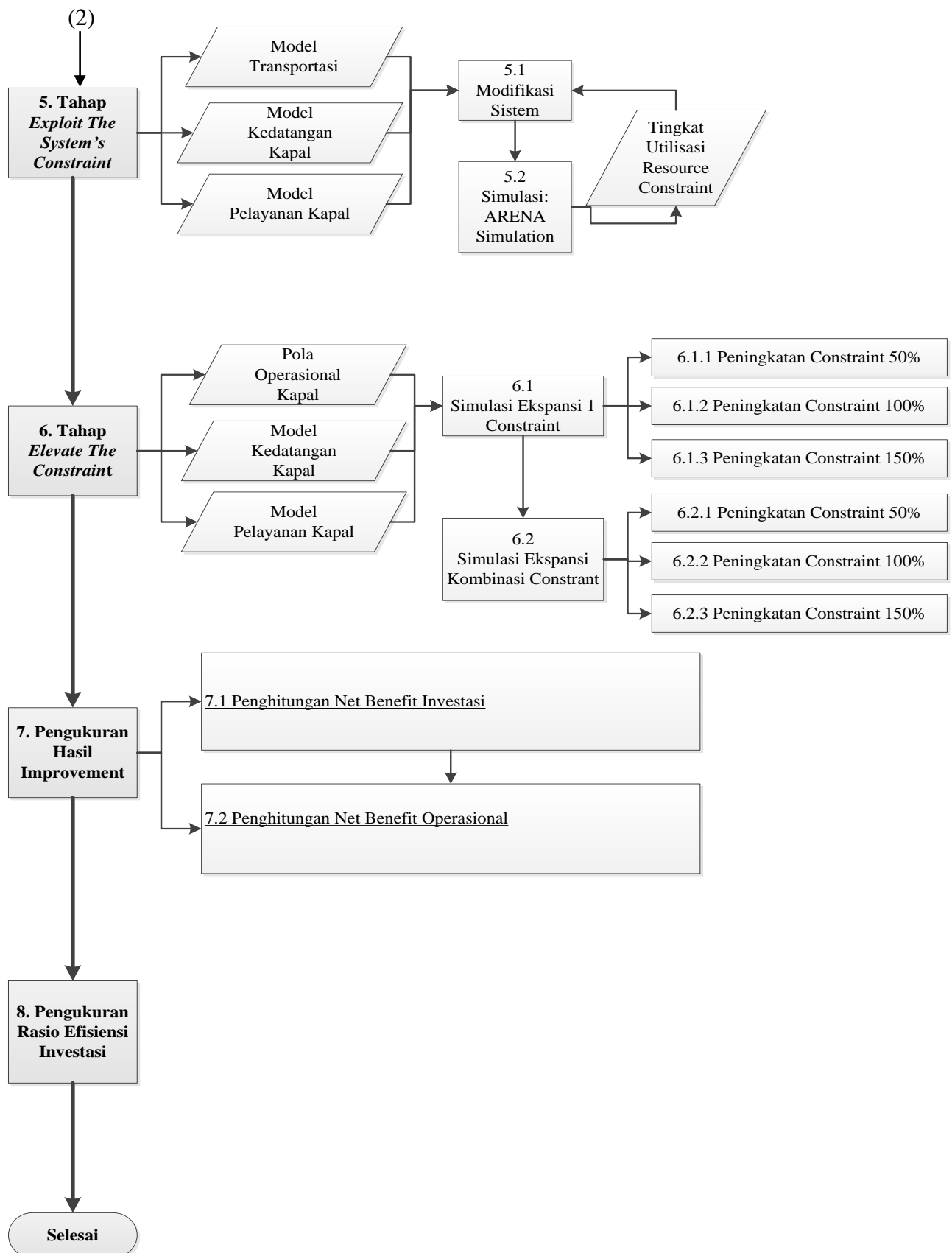
Secara umum, karakteristik dari sistem pengangkutan laut mendekati dengan sistem yang terdapat pada bidang logistik. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini langkah-langkah *improvement plan* yang terdapat pada POOGI akan diadopsi, dimodifikasi, dan diimplementasikan untuk meningkatkan kinerja sistem pengangkutan laut. POOGI digabungkan dengan beberapa metode seperti studi literatur, studi kasus, dan simulasi untuk mengetahui karakteristik utama dari sistem transportasi laut. Secara umum, tahapan penelitian beserta rangkaian metode yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Lanjutan metodologi penelitian:



Lanjutan metodologi penelitian:



Gambar 3.1. Metodologi Penelitian

Berdasarkan gambar 3.1 dapat diketahui bahwa secara umum langkah-langkah yang ada pada penelitian ini mengadopsi *the Process of Ongoing Improvement* (POOGI). Karena terbatasnya metode implementasi TOC di bidang jasa sistem transportasi laut, penelitian ini juga ditujukan untuk mencari, mengadopsi, memodifikasi, atau membangun metode baru yang dapat dimanfaatkan untuk menerjemahkan tahapan-tahapan umum yang terdapat pada TOC ke dalam bidang sistem transportasi laut. Untuk mengetahui *applicability* dari metode berbasis TOC yang akan dikembangkan, pada penelitian ini metode tersebut akan diterapkan untuk menyusun *improvement plan* di salah satu perusahaan yang menyediakan jasa transportasi laut. Penerapan metode ke dalam studi kasus diharapkan dapat menjawab *applicability* dari TOC di bidang jasa transportasi laut dan *efficacy* dari metode berbasis TOC untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dari sistem angkutan laut. Solusi yang akan diusulkan untuk meningkatkan kinerja dari sistem pengangkutan laut akan disusun berdasarkan tiga tingkatan yaitu *strategic plan*, *tactical plan*, dan *operational plan* sebagaimana yang terdapat pada Tabel 3.1. Karena ukuran-ukuran umum yang terdapat pada TOC seperti *Net Profit*, *NPV*, *IRR*, dan *Cost-Benefit Ratio* pada level strategis dan *Throughput*, *Operational Expense*, *Productivity Ratio*, dan *Inventory* pada level operasional belum terdefiniskan pada konteks sistem transportasi laut, pada penelitian ini ukuran-ukuran tersebut akan diterjemahkan sesuai dengan karakteristik dari sistem transportasi laut.

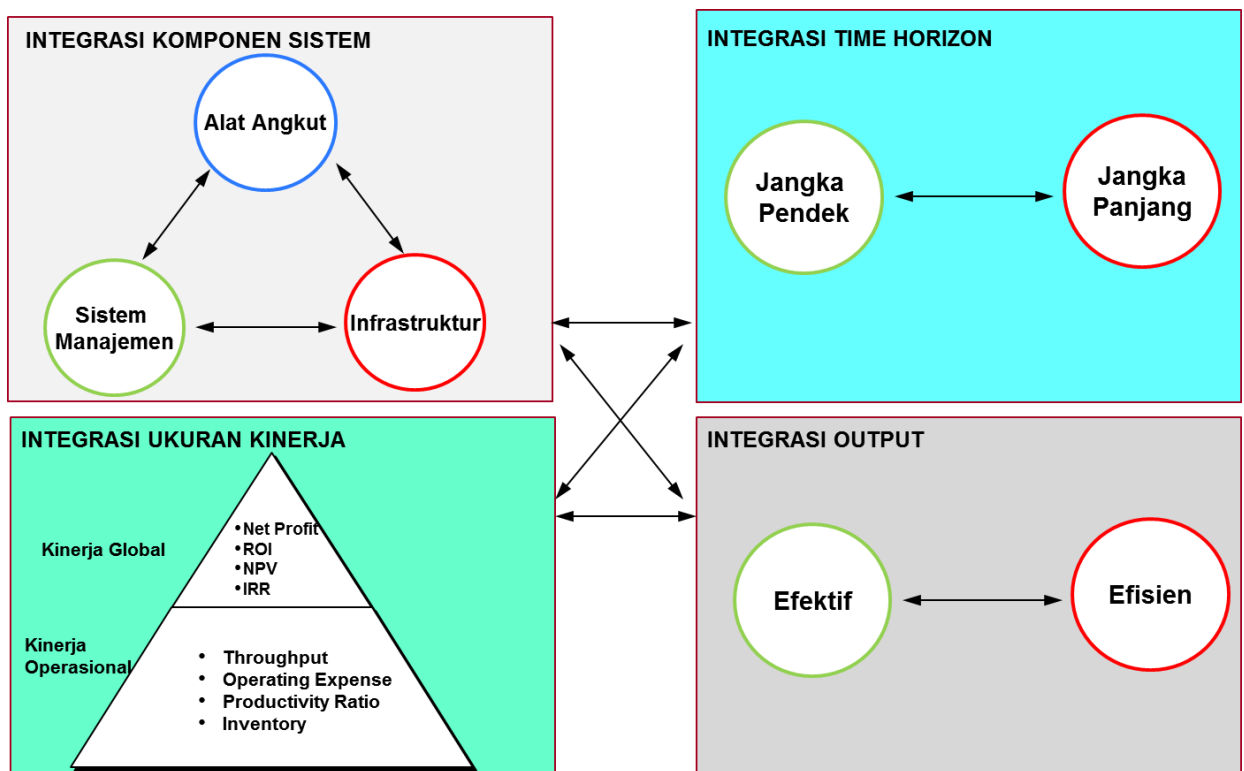
Tabel 3.1 Kerangka Solusi

<i>Level</i>	<i>Performance Measurement</i>	<i>Tools</i>
Strategis	<ul style="list-style-type: none"> a. Net Profit b. NPV c. IRR d. Cost-Benefit Ratio 	<i>TOC as a tool to bridge the gap between strategic and operational level</i>
Operasional	<ul style="list-style-type: none"> a. Throughput b. Operational Expense c. Productivity Ratio d. Inventory 	

3.3 Konsep Integrasi Sistem Angkutan Laut Berbasis TOC

Sebagaimana penjelasan yang terdapat pada bagian sebelumnya, upaya peningkatan kinerja sistem angkutan laut berbasis TOC ditujukan untuk menghasilkan solusi terintegrasi yang bersifat solusi terbaik yang paling memungkinkan. Tidak seperti upaya-

upaya yang telah dilakukan dimana komponen-komponen dari sistem angkutan laut biasanya dipandang sebagai suatu hal yang saling terpisah atau parsial, peningkatan kinerja berbasis TOC dilakukan secara menyeluruh terhadap komponen sistem yang melibatkan alat angkut, infrastruktur, dan sistem manajemen. Selain itu, upaya peningkatan kinerja sistem berbasis TOC juga mengintegrasikan *time horizon* jangka pendek dan jangka panjang karena pada konsep TOC terdapat langkah *constraint exploitation* yang berorientasi jangka pendek dan *constraint elevation* yang berbasis pada solusi jangka panjang melalui investasi. Dari sisi ukuran kinerja, langkah-langkah *improvement* berbasis TOC mengintegrasikan kinerja global pada layer strategis dan kinerja operasional. Yang terakhir, *output* dari upaya perbaikan kinerja berbasis TOC ditujukan untuk menghasilkan solusi yang bersifat efektif dan efisien. Konsep integrasi peningkatan kinerja sistem transportasi laut berbasis TOC yang akan dijalankan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Konsep Integrasi Sistem Transportasi Laut Berbasis TOC

3.4 Aplikasi Tahap *Define The System's Goal* pada TOC

Tahap awal dari TOC pada POOGI adalah persiapan dimana pada tahap ini dilakukan penentuan tujuan utama dari sistem dan indikator yang dapat digunakan untuk mengukur pencapaian tujuan utama tersebut. Untuk menentukan kandidat tujuan utama beserta indikatornya, metode yang digunakan adalah dengan melakukan sintesis beberapa literatur yang membahas mengenai tujuan dari sistem transportasi laut.

Setelah beberapa kandidat tujuan dari sistem beserta indikator untuk mengukurnya berhasil diidentifikasi, proses selanjutnya adalah melakukan pemilihan tujuan utama dari sistem beserta indikatornya. Goldratt (1990) menyatakan bahwa tujuan utama dari setiap sistem sebaiknya ditentukan oleh pemilik dari sistem. Secara umum, pemilik dari sistem transportasi laut dapat beraneka ragam mulai dari *ship operator*, *ship owner*, *port authority*, dan *cargo owner*.

Pada penelitian ini, metode yang akan digunakan untuk mengumpulkan data tujuan sistem dari masing-masing pemilik sistem adalah dengan melakukan *interview* ke beberapa top eksekutif yang mewakili peran pemilik sistem. Pertanyaan di dalam *interview* dirancang sehingga dapat dilakukan komparasi antar kandidat tujuan dari sistem yang pada akhirnya dapat dipilih satu tujuan utama. Perbandingan antar masing-masing kandidat tujuan utama dilakukan dengan kriteria sebagai berikut:

1. Kesesuaian tujuan sistem dengan tujuan perusahaan
2. Kesesuaian tujuan sistem dengan filosofi TOC

Masing-masing kriteria yang akan digunakan sebagai item pembanding diberikan bobot yang sama. Metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* akan digunakan untuk menentukan urutan dari kandidat tujuan sistem.

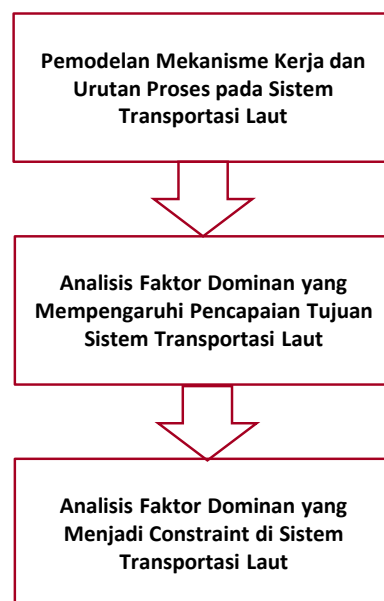
3.5 Aplikasi Tahap *Penentuan Performance Measurement* pada TOC

TOC menawarkan *performance measurement* pada tingkat global maupun lokal. Pada tingkat global, beberapa *performance measurement* yang umum dipakai pada *profit organizations* adalah *Net Profit (NP)*. Pada tingkat lokal, beberapa ukuran yang biasa dipakai adalah *Throughput*, *Inventory*, dan *Operational Expense*. Pada penelitian ini, beberapa *performance measurement* yang terdapat pada TOC akan dievaluasi kelayakannya untuk diaplikasikan pada sistem pengangkutan laut. Selanjutnya, pada penelitian ini akan dipilih ukuran *performance measurement* baik pada tingkat global

maupun lokal yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja dari sistem pengangkutan laut.

3.6 Aplikasi Tahap *Identify the System's Constraint*

Setelah tujuan dari sistem berhasil diidentifikasi dan ukurannya telah ditentukan, tahap selanjutnya yang akan dilakukan di dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi *constraint* dari sistem angkutan laut. Untuk dapat mengidentifikasi *constraint* dari sistem angkutan laut, langkah-langkah yang akan dilakukan adalah dengan membuat model yang menggambarkan mekanisme kerja dari sistem transportasi laut, mengidentifikasi faktor-faktor di dalam sistem transportasi laut yang berpengaruh signifikan terhadap tujuan dari sistem, dan yang terakhir adalah mengidentifikasi faktor dominan yang menjadi *constraint* dari sistem. Gambaran umum mengenai kerangka kerja yang akan digunakan untuk mengidentifikasi *constraint* dari sistem angkutan laut adalah sebagaimana yang terdapat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kerangka Kerja Penentuan *Constraint* Sistem Transportasi Laut

3.6.1 Pemodelan Sistem Transportasi Laut Eksisting

Pemodelan sistem transportasi laut eksisting ditujukan untuk memperoleh gambaran mengenai mekanisme kerja, urutan proses, waktu eksekusi, distribusi, dan *performance* dari sistem eksisting. *Output* dari tahap ini adalah terbentuknya model *as-is* yang

menggambarkan kondisi *actual* sistem transportasi laut di lapangan. Penyusunan model *as-is* merupakan dasar dari rangkaian kegiatan identifikasi *constraint* sistem pengangkutan laut karena melalui model ini *performance* dari sistem transportasi laut, baik secara menyeluruh maupun secara parsial, dapat dievaluasi.

Metode pengumpulan data yang akan dilakukan guna menyusun model *as-is* adalah melalui *site visit*, observasi, *interview*, dan pengumpulan data sekunder di salah satu perusahaan yang menyediakan jasa transportasi laut sebagai studi kasus. *Dataset* yang diperlukan untuk menyusun model *as-is* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Dataset Penyusunan Model *As-is* Sistem Transportasi Laut

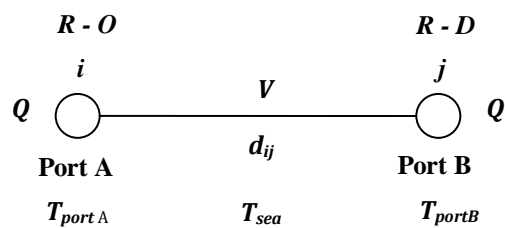
No	Jenis Data	Deskripsi	Field yang Diperlukan
1	Data operasional pengangkutan	Data operasional pengangkutan merupakan data yang berisi catatan terkait aktivitas kapal mulai dari <i>loading port</i> sampai ke <i>discharge port</i>	Nomor voyage
			Nama pelabuhan loading
			Volume cargo loading
			Utilisasi ruang muat kapal
			Durasi kapal mulai berangkat dari pelabuhan <i>loading</i> sampai tiba di pelabuhan <i>discharge</i>
			Jarak antara pelabuhan <i>loading</i> kepelabuhan <i>discharge</i>
			Status kapal saat tiba di titik luar pelabuhan <i>discharge</i>
			Durasi kapal berada di <i>anchorage area</i>
			Status kapal di <i>anchorage area</i>
			Durasi kapal mulai meninggalkan <i>anchorage area</i> sampai tiba di <i>jetty</i>
			Status kapal saat tiba di <i>jetty</i>
			Durasi kapal melakukan aktivitas bongkar
			Status pembongkaran
			<i>Actual pumping rate</i> selama aktivitas pembongkaran
			Durasi pengurusan dokumen kapal
			Volume cargo yang dibongkar
2	Data operasional pelabuhan	Data operasional pelabuhan menggambarkan catatan aktivitas yang terdapat di pelabuhan dari waktu ke waktu	Aktivitas seluruh kapal yang berada di pelabuhan dari waktu ke waktu
			Aktivitas penggunaan <i>resource</i> pelabuhan dari waktu ke waktu
3	Data infrastruktur	Data infrastruktur berisi catatan terkait infrastruktur beserta kapasitasnya yang dipergunakan dalam	Ruang muat kapal
			Kecepatan standard kapal
			Kapasitas pompa kapal
			<i>Marine facilities</i>
			<i>Loading discharge facilities</i>

No	Jenis Data	Deskripsi	Field yang Diperlukan
		sistem transportasi laut	<i>Jetty capacity</i>
			Kondisi sumber daya manusia di pelabuhan

Dataset yang terdapat pada Tabel 3.2 akan diolah guna menghasilkan beberapa model yang merepresentasikan kondisi sistem pengangkutan laut di lapangan sebagai berikut:

1. Model transportasi

Model transportasi merupakan model yang menggambarkan kondisi pengangkutan laut yang terdapat pada studi kasus. Secara umum, model transportasi yang terdapat pada PT. X adalah sebagai berikut:



$$T_{sea} = \frac{d_{ij}}{V} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$Q = n \times Cap \times lf \times RTPA \dots\dots\dots(3.2)$$

$$RTPA = \frac{OD}{RTrip} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$Freq = \frac{Rtrip}{n} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$Rtrip = T_{sea} + T_{port} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$= \frac{d_{ij}}{V} + T_{portA} + T_{portB} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$Cap = Max \{Q_{ij}, Q_{ji}\} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$0 \leq lf \leq 100\% \dots\dots\dots(3.8)$$

Nomenklatur:

- T_{sea} : Lama waktu di laut (Jam)
- T_{port} : Lama waktu di pelabuhan (Jam)
- Q : Volume cargo yang diangkut (Ton)

n	: <i>Given parameter</i>
Cap	: Kapasitas kapal (Ton)
Lf	: <i>Load factor</i>
RTPA	: Jumlah <i>voyage</i>
OD	: Rentang waktu
R_{trip}	: Lama waktu kapal melakukan aktivitas <i>loading</i> , berlayar ke pelabuhan bongkar, bongkar, dan balik ke pelabuhan <i>loading</i>
V	: Kecepatan kapal (m/s)
d_{ij}	: Jarak dari port A ke port B (meter)

PT. X bertugas untuk melaksanakan transportasi cargo dari satu port ke port yang lain. Volume muatan yang diangkut dalam satu periode waktu ditentukan oleh kapasitas kapal, *load factor*, dan jumlah *voyage* dalam rentang waktu tersebut. Jumlah *voyage* sendiri dalam hal ini ditentukan oleh lama waktu kapal melakukan aktivitas *loading* di pelabuhan muat, lama waktu kapal berlayar di laut, dan lama waktu kapal melakukan aktivitas bongkar muatan di pelabuhan bongkar. Lama waktu kapal melakukan aktivitas berlayar di laut dalam hal ini ditentukan oleh jarak antara pelabuhan muat dan pelabuhan bongkar dan kecepatan kapal.

Karakteristik utama dari sistem pengangkutan laut yang terdapat pada PT. X adalah volume muatan yang harus diangkut dalam satu periode waktu bersifat *given*. Variabel ini bersifat *demand* yang harus dipenuhi oleh PT. X. Dalam hal ini, PT. X harus mengatur variabel-variabel lain guna memenuhi *demand* pengangkutan tersebut. Variabel yang ada pada kontrol PT. X adalah kapasitas kapal, *load factor*, kecepatan kapal, dan durasi kapal selama berada di pelabuhan. Durasi kapal selama berada di pelabuhan sendiri ditentukan oleh beberapa sub proses, yaitu: *steaming in*, *berthing*, *clearance*, tes laboratorium, penghitungan cargo, *loading/bongkar muatan*, inspeksi *tank*, pemrosesan dokumen, dan *unberthing*. Semakin lama sub proses tersebut dijalankan, durasi waktu kapal berada di pelabuhan akan semakin lama.

Sistem transportasi laut di PT. X dikatakan memiliki efisiensi yang tinggi apabila sistem dapat memenuhi *demand* pengangkutan pada satu periode waktu dengan biaya serendah mungkin yang memungkinkan. Dengan asumsi dasar bahwa biaya pengangkutan akan berbanding lurus dengan durasi waktu yang

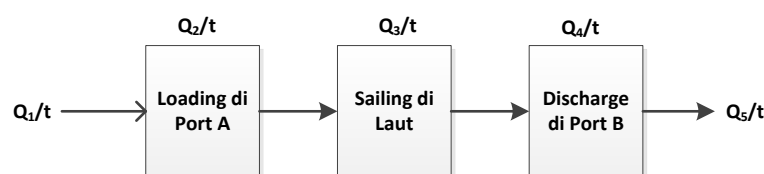
diperlukan untuk melakukan kegiatan pengangkutan laut, maka kinerja dari sistem dikatakan semakin efisien apabila *demand* pengangkutan dapat dipenuhi dalam durasi sesingkat mungkin yang memungkinkan.

2. Pola operasional pengangkutan

Pola operasional pengangkutan merupakan gambaran mengenai alur proses pengangkutan cargo mulai dari kapal melakukan aktivitas *loading* di pelabuhan muat sampai kapal selesai melakukan aktivitas *discharge* di pelabuhan bongkar. *Output* dari tahap ini adalah dihasilkannya:

a. *Process map* mulai dari pelabuhan muat sampai pelabuhan bongkar

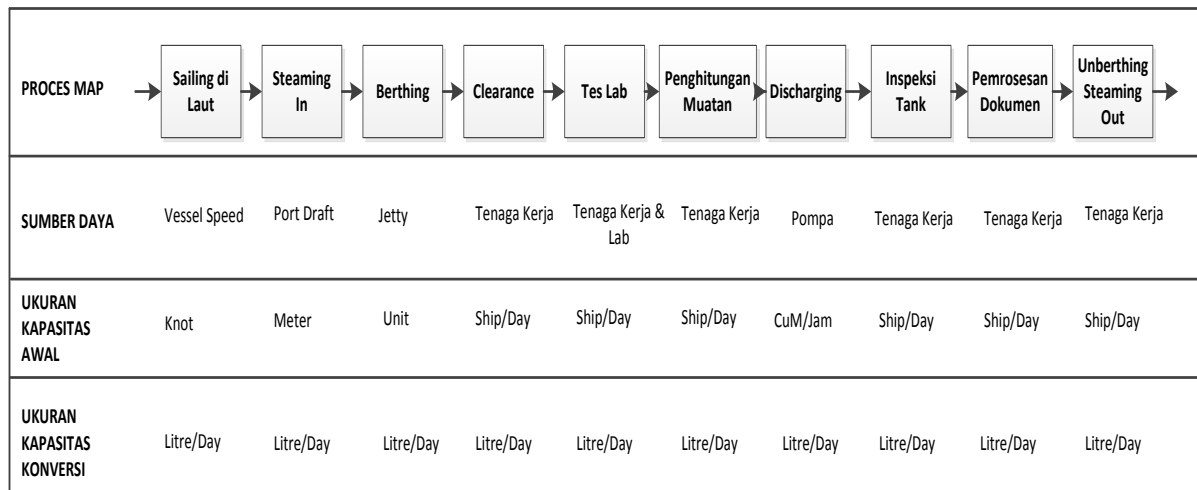
Secara umum, *process map* dari sistem transportasi laut yang terdapat di PT. X pada konteks TOC adalah sebagaimana yang terdapat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Process Map* Level Umum Sistem Transportasi Laut di PT. X

Berdasarkan Gambar 3.2, Q_1 adalah volume kargo yang harus diangkut oleh PT. X dalam rentang waktu t . Q_5 adalah volume kargo aktual yang diangkut pada rentang waktu t . Q_2 dan Q_4 mewakili volume kargo yang dapat ditangani oleh Port A dan port B selama rentang waktu t . Q_3 adalah volume kargo yang dapat diangkut oleh kapal di laut selama rentang waktu t . Dalam konteks TOC, kinerja sistem transportasi laut bisa dilihat dari volume kargo aktual diangkut pada rentang waktu t . Dalam hal ini, Q_5 dibatasi oleh kinerja proses *loading* di Port A (Q_2), kinerja kapal di laut (Q_3), dan kinerja proses *discharge* di Port B (Q_4).

Dengan asumsi bahwa serangkaian kegiatan yang terdapat pada proses *loading* menyerupai rangkaian kegiatan dalam proses *discharge*, maka peta proses sistem transportasi laut di PT. X dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Process Map Level Detail Sistem Transportasi Laut di PT. X

Berdasarkan peta proses detail yang terdapat pada gambar 3.3, dapat dilihat bahwa setiap proses melibatkan sumber daya dengan unit ukuran yang berbeda. Pada sistem transportasi laut, aktivitas kapal berlayar di laut memerlukan sumber daya berupa kecepatan kapal yang umumnya memiliki satuan *knot*. Sementara itu, proses *steaming in* melibatkan sumber daya *port draft* yang umumnya ada dalam satuan meter. Proses *berthing* memerlukan sumber daya berupa *jetty* yang ada dalam satuan unit. Proses *clearance*, tes lab, penghitungan muatan, inspeksi tank, pemrosesan dokumen, dan *unberthing* memerlukan sumber daya berupa tenaga kerja yang memiliki ukuran kapasitas *ship per day*. Aktivitas *loading* atau pembongkaran muatan memerlukan sumber daya berupa pompa dengan satuan kapasitas umumnya berupa CuM per jam.

Untuk dapat mengidentifikasi kendala sistem, masing-masing ukuran unit perlu dikonversi ke ukuran standar. Karena input dan output dari sistem transportasi laut adalah volume cargo yang diangkut selama rentang waktu tertentu (Q/t), maka setiap proses harus dikonversi dalam ukuran yang sama, yaitu volume cargo yang diangkut selama rentang waktu tertentu (Q/t).

b. Distribusi dan waktu proses sistem eksisting

Diagram peta alur proses, data distribusi, dan waktu eksekusi masing-masing proses diperlukan untuk mengetahui cara kerja dan *performance* dari sistem eksisting.

3. Model kedatangan kapal

Model ini menggambarkan jumlah kedatangan kapal di pelabuhan dalam satu periode waktu. Secara umum, kedatangan kapal di pelabuhan terjadi secara tidak teratur. Untuk menganalisis pola kedatangan kapal yang cenderung acak, pada penelitian ini akan dilakukan penyusunan model berbasis teori antrian dengan menggunakan fungsi Poisson (Tadashi, 2003). Kemungkinan kedatangan kapal sejumlah n selama periode waktu tertentu dapat dituliskan ke dalam persamaan 3.9 sebagai berikut:

$$P_n = \frac{(\lambda)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda} \dots\dots\dots(3.9)$$

Nomenklatur:

- P_n : *Probability* kedatangan kapal sejumlah n selama periode waktu tertentu
- λ : Rata-rata kedatangan kapal selama periode waktu tertentu
- e : *Base of the natular logarithm*
- λ_n : Rata-rata kedatangan n kapal
- $n!$: Faktorial dari jumlah kapal

Sementara itu, frekuensi kedatangan kapal sejumlah n selama waktu T dapat dirumuskan dengan formula 3.10.

$$F_n = T \cdot P_n \dots\dots\dots(3.10)$$

Nomenklatur:

- F_n : Frekuensi adanya kapal sejumlah n selama waktu T
- T : Periode waktu
- P_n : *Probability* kedatangan kapal sejumlah n selama periode waktu tertentu

4. Model waktu penyelesaian aktivitas kapal

Waktu yang diperlukan oleh kapal untuk menyelesaikan rangkaian aktivitas di pelabuhan secara umum berbeda satu dengan yang lainnya dimana hal tersebut bergantung pada beberapa faktor. Menurut Gokkup (1995), *availability* dari *resource* yang ada di pelabuhan dan jumlah cargo yang diangkut oleh kapal merupakan dua faktor yang

menyebabkan perbedaan tersebut. Apabila *resource* pelabuhan tersedia pada saat kapal tiba, kapal dapat langsung melakukan aktivitas sebagaimana yang telah direncanakan. Di sisi lain, apabila *resource* tidak tersedia, kapal harus melakukan aktivitas menunggu. Selain itu, volume cargo yang diangkut juga mempengaruhi durasi aktivitas kapal selama di pelabuhan mengingat aktivitas pemompaan sangat bergantung kepada volume cargo. Beberapa hal tersebut menyebabkan lamanya waktu yang diperlukan oleh setiap kapal untuk menyelesaikan rangkaian aktivitasnya di pelabuhan menjadi berbeda-beda.

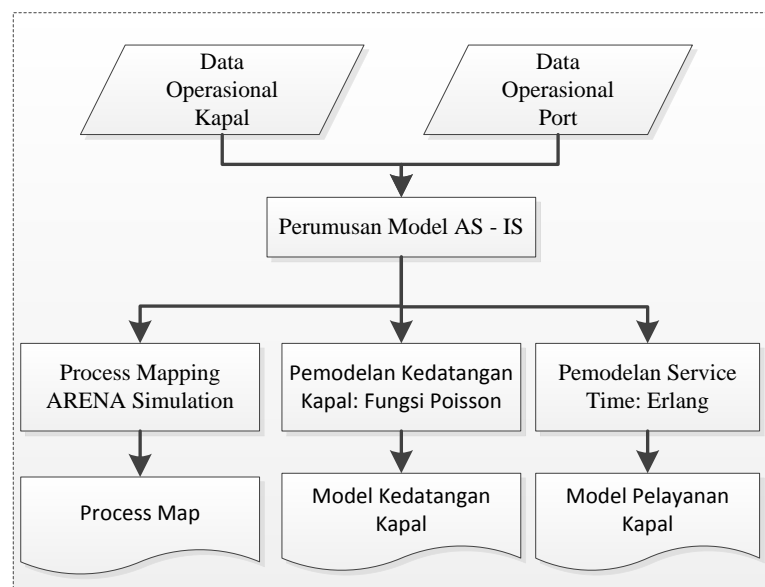
Untuk memodelkan durasi waktu penyelesaian aktivitas kapal selama di pelabuhan, Son dan Kim (2004) menggunakan fungsi distribusi Erlang dengan formula 3.11 sebagai berikut:

$$P_o = e^{-kb} \sum_{n=0}^{k-1} \frac{(kb)^n}{n!} \dots\dots\dots(3.11)$$

Nomenklatur:

- b : Rata-rata waktu aktivitas kapal
- k : *Erlang number* (k=1, 2, 3, ..., ∞)
- n : *Counter*

Secara umum, urutan langkah yang akan dilakukan untuk menyusun model sistem angkutan laut eksisting adalah sebagaimana yang terdapat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kerangka Kerja Penyusunan Model As-Is Sistem Angkutan Laut

3.6.2 Analisis Faktor Dominan Yang Mempengaruhi Pencapaian Tujuan Sistem

Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap produktivitas sistem transportasi laut, tahap awal yang akan dilakukan adalah mengumpulkan beberapa kandidat faktor. Metode yang dilakukan untuk mengumpulkan kandidat faktor adalah dengan melakukan sintesis dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Berdasarkan kegiatan studi literatur yang telah dilakukan, beberapa kandidat faktor yang mempengaruhi produktivitas sistem transportasi laut dapat dikelompokkan sebagaimana yang terdapat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kandidat Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Transportasi Laut

No	Faktor	Peneliti	Keterangan
1	Kecepatan Kapal	<ul style="list-style-type: none">Gkonis dan Psaraftis (2004)	Menurut Gkonis dan Psaraftis (2004), produktivitas pengangkutan bergantung kepada total waktu yang diperlukan suatu kapal untuk menyelesaikan <i>voyage</i> . Dalam hal ini, hasil penelitian Gkonis dan Psaraftis (2004) menunjukkan bahwa <i>speed</i> kapal merupakan variabel yang sangat menentukan terhadap waktu penyelesaian <i>voyage</i> , sehingga secara tidak langsung berpengaruh terhadap besar kecilnya produktivitas pengangkutan.
2	Jarak	<ul style="list-style-type: none">Micco dan Perez (2002)	Hasil penelitian Micco dan Perez (2002) menunjukkan bahwa jarak merupakan salah satu variabel yang berpengaruh besar terhadap <i>shipping cost</i> dimana peningkatan jarak sebesar 100% akan berdampak pada peningkatan <i>shipping cost</i> sebesar 20%.
3	<i>Load Factor</i>	<ul style="list-style-type: none">Varbanova (2004)	<i>Load factor</i> pada pengangkutan laut merupakan rasio antara volume cargo yang diangkut dibandingkan dengan kapasitas efektif ruang muat. Menurut Varbanova (2004), semakin rendah tingkat utilisasi kapasitas, produktivitas pengangkutan akan semakin rendah
4	<i>Cargo mix</i>	<ul style="list-style-type: none">Tongzon (1994)	Berdasarkan Tongzon (1994), penentuan <i>cargo mix</i> yang sesuai akan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya produktivitas pengangkutan
5	<i>Vessel size</i>	<ul style="list-style-type: none">Tongzon (1994)	Menurut Tongzon (1994), semakin besar ukuran kapal yang digunakan, produktivitas pengangkutan akan semakin tinggi.
6	<i>Port Efficiency</i>	<ul style="list-style-type: none">Micco dan Perez (2002)	Menurut Micco dan Perez (2002), <i>port efficiency</i> merupakan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap produktivitas pengangkutan. Semakin lama kapal melakukan aktivitas yang tidak efisien di pelabuhan, produktivitas pengangkutan akan semakin rendah.

Dari beberapa kandidat faktor yang terdapat pada Tabel 3.3 tersebut, *port efficiency* merupakan kandidat yang sulit untuk diukur secara langsung. Oleh karena itu, pada

penelitian ini *port efficiency* dielaborasi lebih lanjut. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi *port efficiency*. Tabel 3.4 merupakan kumpulan dari beberapa penelitian yang dimaksud.

Tabel 3.4 Hasil Breakdown Faktor *Port Efficiency*

No	Faktor	Peneliti	Keterangan
1	<i>Congestion</i>	Tongzon (2004)	<i>Congestion</i> merupakan kejadian dimana terdapat antrian kapal untuk dapat melakukan aktivitas di dermaga. <i>Congestion</i> terjadi karena <i>demand</i> terhadap <i>resource</i> pelabuhan lebih besar dari kapasitas <i>resource</i> . Pada kondisi ideal, kapal yang tiba di pelabuhan seharusnya dapat langsung sandar tanpa perlu mengantri. Aktivitas berlabuh untuk menunggu ini merupakan suatu hal yang tidak efisien. Berdasarkan hal tersebut, <i>congestion</i> merupakan salah satu kandidat faktor yang dapat menyebabkan tinggi atau rendahnya <i>port efficiency</i> .
2	<i>Availability of marine facilities</i>	Caldeirinha et al (2002)	Dalam kondisi ideal, kapal yang telah tiba di area luar pelabuhan seharusnya dapat langsung mengakses pilot dan <i>tugboat</i> untuk sandar di dermaga. Namun, pada praktiknya beberapa kali ditemukan kejadian dimana kapal tidak dapat langsung sandar di dermaga akibat belum tersedianya <i>pilot</i> atau <i>tugboat</i> ketika kapal tiba. Atas dasar tersebut, ketersediaan <i>marine facility</i> merupakan salah satu kandidat faktor yang dapat menyebabkan tinggi atau rendahnya <i>port efficiency</i> .
3	<i>Availability of loading and discharge facilities</i>	Caldeirinha et al (2002)	Setelah kapal sandar di dermaga, aktivitas <i>loading</i> atau <i>discharge</i> muatan idealnya dapat langsung dilakukan. Meskipun demikian, pada kondisi-kondisi tertentu sering ditemukan kejadian dimana kapal harus menunggu di dermaga karena fasilitas bongkar muat masih digunakan oleh kapal lain. Oleh karena itu, ketersediaan perangkat bongkar muat merupakan salah satu kandidat faktor yang menentukan tinggi atau rendahnya <i>port efficiency</i> .
4	<i>Pumping performance</i>	Varbanova (2004)	<i>Slow pumping</i> merupakan kejadian dimana aktivitas pemompaan muatan berjalan lebih lambat daripada waktu standar, sehingga menyebabkan kapal menjadi lebih lama di pelabuhan. Berdasarkan hal tersebut, <i>pumping performance</i> menjadi salah satu kandidat faktor yang menentukan tinggi rendahnya <i>port efficiency</i> .
5	<i>Administrative process</i>	Caldeirinha et al (2002)	<i>Administrative process</i> merupakan proses-proses terkait pengurusan dokumen, pengukuran kargo, dan lain sebagainya. Beberapa proses tersebut secara umum memiliki waktu yang standar. Meskipun demikian, pada realisasinya terdapat pelaksanaan proses administratif yang berjalan lebih lama dari waktu standard. Oleh karena itu, <i>administrative process</i> merupakan salah satu kandidat faktor yang menentukan tinggi atau rendahnya <i>port efficiency</i> .
6	<i>Planning</i>	Caldeirinha	Pada kondisi ideal, kapal yang tiba pelabuhan seharusnya

No	Faktor	Peneliti	Keterangan
	<i>effectiveness</i>	et al (2002)	dapat langsung melakukan kegiatan <i>loading</i> atau <i>discharge</i> muatan. Meskipun demikian, pada praktiknya sering ditemukan kejadian dimana kapal yang tiba di pelabuhan tidak dapat langsung melakukan aktivitas tersebut karena belum tersedianya kargo atau belum tersedianya kapasitas ruang penyimpanan di darat. Hal ini disebabkan oleh tidak efektifnya kegiatan perencanaan pergerakan kapal. Oleh karena itu, <i>planning effectiveness</i> merupakan salah satu kandidat factor yang dapat menentukan tinggi atau rendahnya <i>port efficiency</i> .
7	<i>Environment condition</i>	Varbanova (2004)	Pada kondisi ideal, aktivitas kapal selama berada di pelabuhan seharusnya dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan prosedur yang berlaku. Namun, pada kondisi dimana terdapat cuaca buruk atau gelombang pasang sering ditemukan kejadian dimana aktivitas kapal selama di pelabuhan harus terhenti. Berdasarkan hal ini, faktor lingkungan menjadi salah satu kandidat yang menentukan tinggi atau rendahnya <i>port efficiency</i> .
8	<i>Availability of human resource</i>	Caldeirinha et al (2002)	Apabila tenaga kerja yang bertugas menangani aktivitas kapal di pelabuhan tersedia, rangkaian aktivitas kapal selama di pelabuhan akan lancar. Namun jika kondisi yang ada adalah sebaliknya, aktivitas kapal berpotensi menjadi lebih lama. Berdasarkan hal tersebut, ketersediaan kerja di pelabuhan merupakan salah satu kandidat faktor yang dapat mempengaruhi tinggi atau rendahnya <i>port efficiency</i> .
9	<i>Vessel condition</i>	Varbanova (2004)	Apabila kapal mengalami kendala, rangkaian aktivitas kapal selama di pelabuhan berpotensi untuk terganggu. Atas dasar hal ini, <i>vessel condition</i> merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tinggi atau rendahnya <i>port efficiency</i> .

Berdasarkan hasil studi literatur yang terdapat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4, dapat diketahui bahwa saat ini terdapat beberapa faktor yang diduga mempengaruhi produktivitas pengangkutan. Beberapa kandidat tersebut akan diuji dengan menggunakan metode regresi linear di salah satu perusahaan yang digunakan sebagai studi kasus guna mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap sistem transportasi laut. Dengan mengacu ke batasan yang terdapat pada penelitian ini dimana studi hanya dilakukan untuk kapal tanker dengan tipe yang sama, jenis produk yang sama (*clean product*), dan rute pengangkutan yang sama, maka daftar kandidat faktor yang akan diuji adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Checklist Kandidat Faktor yang Akan Diuji

No	Kandidat Faktor	Akan Diuji (Ya/Tidak)	Keterangan
1	Kecepatan Kapal	Ya	
2	Jarak	Tidak	Penelitian telah dibatasi untuk rute pengangkutan yang sama
3	<i>Load Factor</i>	Ya	
4	<i>Cargo mix</i>	Tidak	Penelitian telah dibatasi untuk tipe kapal tanker dan jenis cargo yang sama
5	<i>Vessel size</i>	Tidak	Penelitian telah dibatasi untuk tipe kapal yang sama
6	<i>Congestion</i>	Ya	
7	<i>Availability of marine facilities</i>	Ya	
8	<i>Availability of loading and discharge facilities</i>	Ya	
9	<i>Pumping performance</i>	Ya	
10	<i>Administrative process</i>	Ya	
11	<i>Planning effectiveness</i>	Ya	
12	<i>Environment condition</i>	Ya	
13	<i>Availability of human resource</i>	Ya	
14	<i>Vessel condition</i>	Ya	

Model regresi linear yang akan digunakan untuk memetakan hubungan antara produktivitas pengangkutan dengan beberapa kandidat faktor adalah sebagaimana persamaan 3.12 berikut:

$$Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + eX_5 + fX_6 + gX_7 + hX_8 + iX_9 + jX_{10} + kX_{11} + k \dots (3.12)$$

Dimana:

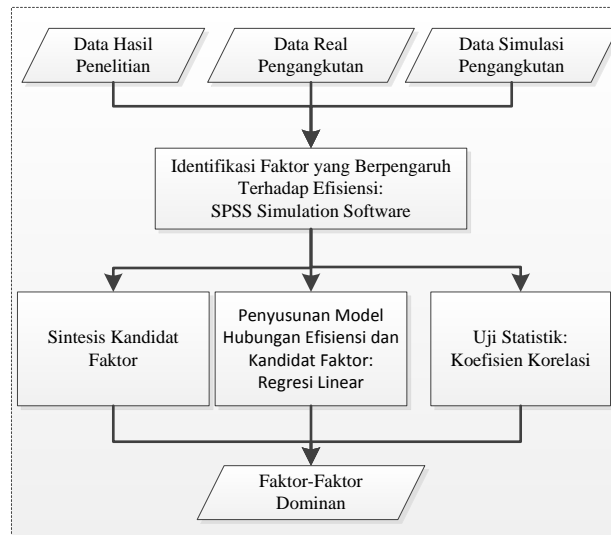
Var	Deskripsi	Unit Awal	Unit Konversi
Y	Efisiensi Pengangkutan	Volume Cargo Volume yang diangkut Q selama durasi t	-
X1	Speed kapal	Knots	
X2	<i>Load factor</i>	Persen	
X3	<i>Congestion</i>	Durasi <i>idle</i>	
X4	Ketersediaan fasilitas pelabuhan	Durasi <i>idle</i>	
X5	Ketersediaan fasilitas bongkar muat	Durasi <i>idle</i>	Efek pada volume pengangkutan selama durasi waktu t
X6	Kinerja pompa	CuM/Jam	
X7	Proses administratif	Durasi waktu	
X8	Efektivitas perencanaan	Durasi <i>idle</i>	
X9	Ketersediaan tenaga kerja	Durasi <i>idle</i>	
X10	Kondisi kapal	Durasi <i>idle</i>	
X11	Koefisien		

Model hubungan antara produktivitas pengangkutan dengan beberapa kandidat faktor tersebut untuk selanjutnya akan diuji dengan menggunakan data operasional pengangkutan yang dikumpulkan dari salah satu perusahaan yang menyediakan jasa pengangkutan laut sebagai studi kasus. Detail dari data operasional pengangkutan yang diperlukan untuk menguji model tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Dataset Operasional Pengangkutan Sebagai Input Model Regresi Linear

No	Field Data	Keterangan
1	Produktivitas pengangkutan	Diukur sebagai volume cargo yang diangkut dalam satu periode waktu
2	Kecepatan kapal	Diukur dalam satuan knot
3	<i>Load factor</i>	Diukur sebagai rasio antara cargo yang diangkut dibandingkan dengan kapasitas ruang muat kapal
3	<i>Congestion</i>	Diukur sebagai lamanya waktu kapal harus menunggu di <i>inner anchorage area</i> sebagai akibat dari keterbatasan <i>jetty</i>
4	<i>Availability of marine facilities</i>	Diukur sebagai lamanya waktu kapal harus menunggu di <i>outer anchorage area</i> sebagai akibat dari keterbatasan <i>marine facilities</i>
5	<i>Availability of loading and discharge facilities</i>	Diukur sebagai lamanya waktu kapal harus menunggu untuk memulai proses pumping di <i>jetty</i> sebagai akibat dari keterbatasan <i>loading and discharge facilities</i>
6	<i>Pumping performance</i>	Diukur dalam lamanya waktu <i>slow pumping</i>
7	<i>Administrative process</i>	Diukur dalam lamanya waktu tunggu akibat proses administratif yang berjalan tidak efisien
8	<i>Planning effectiveness</i>	Diukur dalam persen <i>compliance</i> antara realisasi pengangkutan dengan perencanaan
9	<i>Environment condition</i>	Diukur sebagai lamanya waktu kapal harus menunggu di <i>anchorage area</i> sebagai akibat kendala cuaca
10	<i>Availability of human resource</i>	Diukur sebagai lamanya waktu kapal harus menunggu di <i>anchorage area</i> dan di <i>jetty</i> sebagai akibat dari keterbatasan sumber daya manusia
11	<i>Vessel condition</i>	Diukur sebagai lamanya <i>excess</i> waktu kapal di pelabuhan akibat dari kerusakan pada kapal

Beberapa indikator dan metode statistik yang akan digunakan untuk mengetahui signifikansi pengaruh dari beberapa kandidat faktor, baik secara bersama-sama maupun secara terpisah, terhadap produktivitas pengangkutan adalah koefisien determinasi, koefisien korelasi, uji signifikansi, dan analisis *effect size* dari masing-masing faktor. Secara umum, proses identifikasi faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas pengangkutan dapat digambarkan ke dalam diagram sebagaimana yang terdapat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Kerangka Kerja Identifikasi Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Pengangkutan

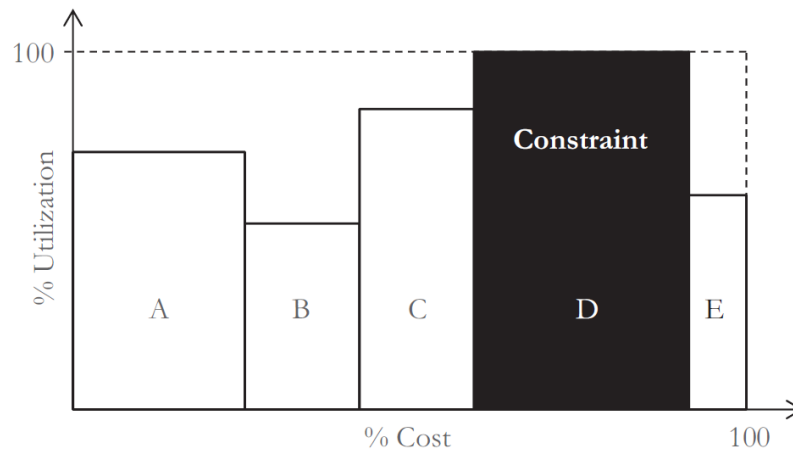
3.6.3 Identifikasi *Constraint* dari Sistem Transportasi Laut

Salah satu tipe *constraint* yang terdapat pada sistem adalah *resource constraint* (Ronen et al, 2006). Berdasar definisi dari Ronen et al, *resource constraint* adalah “*the most heavily utilized resource such that it cannot perform all its assigned tasks*”. Lebih lanjut, menurut Ronen et all (2006) *resource constraint* dapat diwujudkan dalam bentuk-bentuk sebagai berikut:

1. *Shortage of acritical resource*
2. *Permanent bottlenecks*
3. *Peak time resource constraint*
4. *Seasonal resource constraint*
5. *Discrete event of resource constraint*

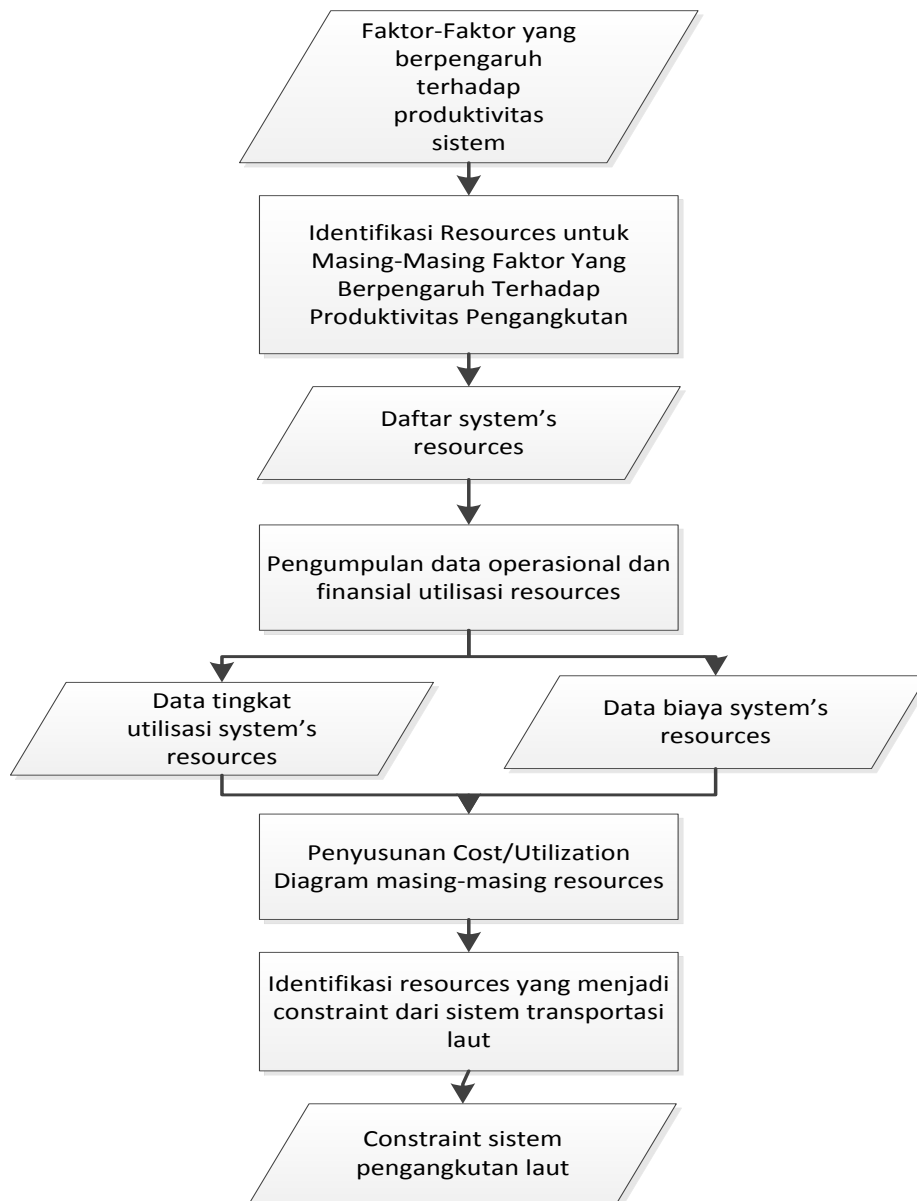
Pada konteks sistem transportasi laut, identifikasi *constraint* merupakan kegiatan mengidentifikasi hal-hal yang membatasi sistem untuk mencapai *performance* yang lebih tinggi, khususnya terkait dengan pencapaian tujuan sistem. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi *constraint* menurut Ronen et al (2006) adalah dengan melakukan *load analysis* guna memeriksa utilisasi kapasitas dari *system's resources* dan menemukan *bottlenecks* dari sistem. Ronen dan Spector (1992) mengusulkan penggunaan *Cost/Utilization Diagram* untuk melakukan *load analysis*. Pada *Cost/Utilization Diagram*, sumbu horisontal menggambarkan biaya dari *resources*, sedangkan sumbu vertikal

menggambarkan tingkat utilisasi *resources*. Dengan diagram ini, *constraint* yang utama merupakan *resources* yang memiliki tingkat utilisasi paling tinggi dan yang memiliki persentase biaya besar. Contoh dari *Cost/Utilization Diagram* adalah sebagaimana yang terdapat pada *Gambar 3.8*.



Gambar 3.8 Cost/Utilization Diagram

Pada penelitian ini, identifikasi *constraint* akan dilakukan dengan mengadopsi metode *load analysis* dan *Cost/Utilization Diagram* yang diusulkan oleh Ronen dan Spector (2006). Input dari kegiatan *load analysis* adalah himpunan *system's resources* beserta data operasional dan data finansialnya (biaya). Mengingat sistem transportasi laut merupakan sistem yang kompleks dimana terdapat banyak *resources* di dalamnya, pada penelitian ini *resources* yang akan dianalisis adalah *resources* untuk faktor-faktor yang terbukti berpengaruh signifikan terhadap produktivitas pengangkutan. Kerangka kerja identifikasi *constraint* yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada *Gambar 3.9*.



Gambar 3.9 Kerangka Kerja Identifikasi System's Constraint

3.7 Aplikasi Tahap *Exploit the System's Constraint* dan *Subordinate System's Resources* pada TOC

Eksplorasi *constraint* merupakan kegiatan mengoptimalkan *resources* yang ada agar *performance* dari *constraint* dapat optimal. Menurut Ronen et al (2006), *constraint* dapat dieksplorasi ke dalam dua dimensi, yaitu:

1. Efisiensi

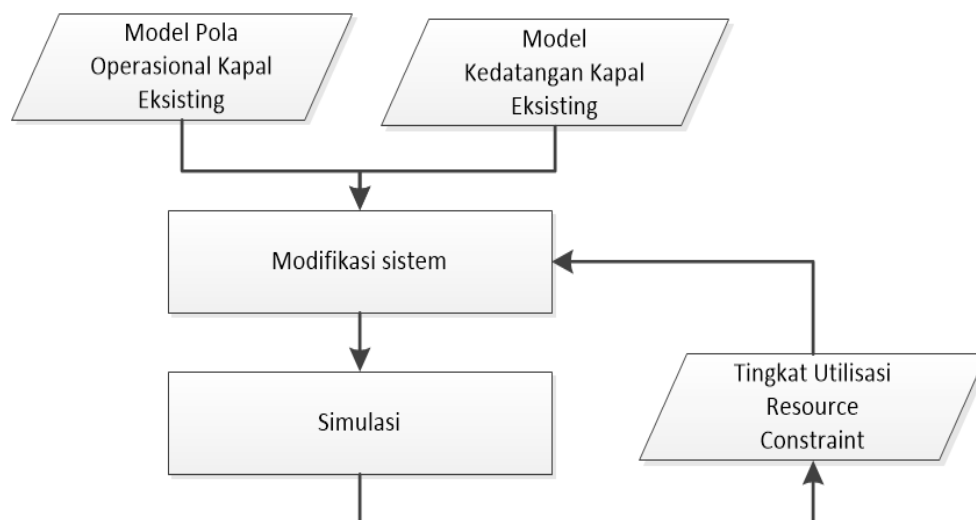
Eksplorasi *constraint* berdasarkan dimensi efisiensi berarti mengoptimalkan utilisasi *resource* yang menjadi *constraint*, sehingga tidak terdapat *idle time* dari *resource* yang menjadi *constraint*.

2. Efektivitas

Berdasarkan dimensi efektivitas, eksploitasi *constraint* berarti mengoptimalkan penggunaan *resource* dengan melakukan pemilihan *item* sehingga hanya *item* atau *demand* yang penting lah yang dilayani oleh *resource constraint*.

Kegiatan eksploitasi *system's constraint* sangat erat kaitannya dengan *subordinate system's resource*, sehingga pada penelitian ini dua tahapan tersebut digabungkan dalam kerangka yang sama. Melakukan *subordinate system's resource* berarti melakukan pengaturan *resources* pada sistem selain *resource constraint*, sehingga kinerja dari *constraint* dapat optimal.

Untuk dapat melakukan eksploitasi *constraint* dan melakukan *subordinate system's resource*, metode yang akan digunakan di dalam penelitian ini adalah dengan melakukan modifikasi pada sistem eksisting, khususnya pada model pola operasional pengangkutan, model kedatangan kapal, dan model penyelesaian aktivitas kapal yang telah disusun sebelumnya. Modifikasi dilakukan melalui simulasi sistem secara iteratif sehingga diperoleh pola baru yang membuat utilisasi dari *resource constraint* optimal. Kerangka kerja dari langkah eksploitasi *constraint* dan *subordinate system's resources* yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Kerangka Kerja Eksploitasi Constraint dan Subordinasi *System's Resource*

3.8 Aplikasi Tahap *Elevate the Constraint* pada TOC

Elevate the Constraint merupakan kegiatan peningkatan kapasitas *resource* yang menjadi *constraint* (Ronen et al, 2006). Jika kegiatan eksploitasi *constraint* dan *subordinate system's resource* berorientasi pada *resource* yang ada tanpa melakukan penambahan kapasitas, tahap ini memandang kapasitas *resource* sebagai suatu variabel yang nilainya dapat ditingkatkan. Kegiatan *elevate the constraint* sangat terkait dengan kegiatan investasi (Reid, 2007).

Pada umumnya, sumber daya yang terdapat pada sistem bersifat terbatas. Berbasis akan hal ini, pada penelitian ini kegiatan peningkatan kapasitas *constraint* akan dilakukan dengan mempertimbangkan dimensi keekonomian, sehingga *resource constraint* hanya akan ditingkatkan apabila *benefit* yang diperoleh dari kegiatan peningkatan *resource* melebihi biaya yang diperlukan untuk melakukan kegiatan peningkatan *resource constraint*.

Karena melibatkan investasi, *benefit* dari peningkatan kapasitas *constraint* biasanya tidak dapat diukur pada *time frame* jangka pendek. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini peningkatan kapasitas *constraint* akan dilakukan sesuai dengan pertumbuhan *demand* pengangkutan. *Demand* pengangkutan yang biasanya diasumsikan tetap pada tahap ini akan dibuka sebagai *variable*. Untuk selanjutnya, *benefit* dari peningkatan kapasitas *resource constraint* akan diukur sesuai dengan *plan horizon* dari model pertumbuhan *demand*. Model pertumbuhan *demand* pengangkutan di dalam penelitian ini diasumsikan akan mengikuti pola pertumbuhan linear sebagaimana yang diaplikasikan oleh Dekker (2008) pada persamaan 3.13 dan 3.14:

$$Q_t = Q_0 + \gamma t \quad \text{if } t < h \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

$$= Q_h \quad \text{if } t \geq h \quad \dots\dots\dots (3.14)$$

Nomenklatur:

- h : Plan horizon
- Q_0 : *Demand* pada waktu $t=0$
- Q_h : *Demand* pada waktu $t=h$
- γ : Pertumbuhan *demand* tahunan

Selain terkait dengan *time frame*, salah satu hal mendasar yang penting terkait dengan *elevate system's resource* adalah menentukan cara untuk menganalisis kelayakan dari kegiatan peningkatan kapasitas *constraint*. Sebagaimana penjelasan sebelumnya, kegiatan peningkatan kapasitas *constraint* dikatakan layak apabila *benefit* yang ditimbulkan dari kegiatan investasi melebihi biaya yang dikeluarkan untuk meningkatkan kapasitas *constraint*.

Merujuk ke penjelasan pada Bab II, biaya pada sistem transportasi laut secara umum dapat dibagi ke dalam dua kategori, yaitu:

1. *Sea cost* atau biaya pengoperasian kapal

Pada sistem yang ideal dimana tidak terdapat *resource constraint* yang membatasi *performance* dari sistem, *sea cost* pada periode t , SC_t , dapat dituliskan sebagai fungsi dari *demand* pengangkutan pada periode t , Q_t , terhadap *unit cost* biaya normal pengoperasian kapal pada periode t , P_t , sebagaimana formula 3.15 berikut:

$$SC_t = Q_t (P_t) \dots\dots\dots (3.15)$$

Pada umumnya, biaya pengoperasian kapal mencakup *capital cost kapal*, *operating cost* kapal, dan *voyage cost*. Untuk keperluan penyederhanaan, pada penelitian ini seluruh komponen biaya pengoperasian kapal, baik biaya tetap maupun biaya variabel, telah tercakup di fungsi Q_t terhadap P_t .

2. *Port cost* atau biaya pengoperasian pelabuhan

Secara umum, biaya pengoperasian pelabuhan mencakup dua komponen, yaitu biaya variabel dan biaya tetap. Pada kondisi ideal, *port cost* pada periode t , PC_t , merupakan fungsi dari *demand* pengangkutan pada periode t , Q_t , terhadap *unit variable cost* pelabuhan pada periode t , C_t , dan *annualized fixed cost* pelabuhan pada periode t , F_t , sebagaimana formula 3.16 berikut:

$$PC_t = Q_t (C_t + F_t) \dots\dots\dots (3.16)$$

Berdasarkan dua formula pada *sea cost* dan *port cost* tersebut, maka *total cost* biaya pengoperasian sistem transportasi laut pada periode t dengan *demand* Q_t , biaya normal pengoperasian kapal P_t , *unit variable cost* pengoperasian pelabuhan C_t , dan *annualized fixed cost* pelabuhan F_t dapat dituliskan ke dalam persamaan 3.17 sebagai berikut:

$$TC_t = Q_t (P_t + C_t + F_t) \dots\dots\dots (3.17)$$

Apabila sistem ada pada kondisi ideal atau tidak ada *bottleneck* yang menghambat *performance* sistem, biaya pada sistem transportasi laut adalah sebagaimana yang terdapat pada formula 3.16 dan 3.17 di atas. Kondisi yang berbeda terjadi apabila terdapat *resource constraint*. *Resource constraint* secara umum menghambat *performance* dari sistem. Pada konteks sistem transportasi laut, keberadaan *resource constraint* akan menurunkan produktivitas pengangkutan yang pada akhirnya akan membuat biaya pengoperasian menjadi lebih tinggi. Oum (1990) menjelaskan dampak dari adanya *resource constraint* terhadap *sea cost* sebagaimana formula 3.18 berikut:

$$SC_t = Q_t (P_t + D_t) \dots\dots\dots (3.18)$$

Menurut Oum, SC_t merupakan fungsi dari *demand* pengangkutan pada periode t , Q_t , terhadap *unit cost* biaya normal pengoperasian kapal pada periode t , P_t , dan *unit cost* biaya tambahan pada periode t yang disebabkan oleh keterbatasan *resource*, D_t . Apabila dibuat lebih general ke biaya pengoperasian kapal, maka formula dari Oum dapat dimodifikasi menjadi sebagaimana formula 3.19 berikut:

$$TC_t = Q_t (P_t + C_t + F_t + D_t) \dots\dots\dots (3.19)$$

Kegiatan peningkatan kapasitas *resource constraint* ditujukan untuk meminimalkan biaya yang disebabkan oleh keterbatasan *resource* atau fungsi Q_t terhadap D_t . Berdasarkan hal tersebut, maka *benefit* yang diharapkan dari tahap *elevate the constraint* pada periode t , B_t , dengan *demand* Q_t dan *unit cost* biaya tambahan pada periode t yang disebabkan oleh keterbatasan *resource* D_t dapat dituliskan sebagaimana formula 3.20 berikut:

$$B_t = Q_t (D_t) \dots\dots\dots (3.20)$$

Sementara itu, peningkatan kapasitas *resource constraint* melibatkan dua komponen biaya, yaitu: *fixed cost* dan *variable cost*. *Fixed cost* merupakan biaya investasi yang diperlukan untuk meningkatkan kapasitas, sedangkan *variable cost* merupakan peningkatan biaya operasional yang timbul akibat penambahan kapasitas. Dengan menggunakan formula sebelumnya, apabila *demand* pengangkutan pada periode t adalah Q_t , penambahan *unit cost* biaya normal pengoperasian kapal pada periode t akibat penambahan *resource constraint* adalah dP_t , penambahan *unit variable cost* pengoperasian pelabuhan pada periode t akibat penambahan *resource constraint* adalah dC_t , dan penambahan *annualized fixed cost* pelabuhan pada periode t akibat penambahan *resource constraint* adalah dF_t , maka total biaya yang diperlukan untuk melakukan peningkatan kapasitas *resource constraint* pada periode t , dTC_t , dapat dituliskan sebagaimana formula 3.21 berikut:

$$dTC_t = Q_t (dP_t + dC_t + dF_t) \quad \dots\dots\dots (3.21)$$

Berdasarkan formulas *benefit* dan biaya investasi, maka *net benefit* dari kegiatan peningkatan kapasitas *resource constraint* pada periode t , NB_t , dapat dituliskan ke dalam formula 3.22 dan 3.23:

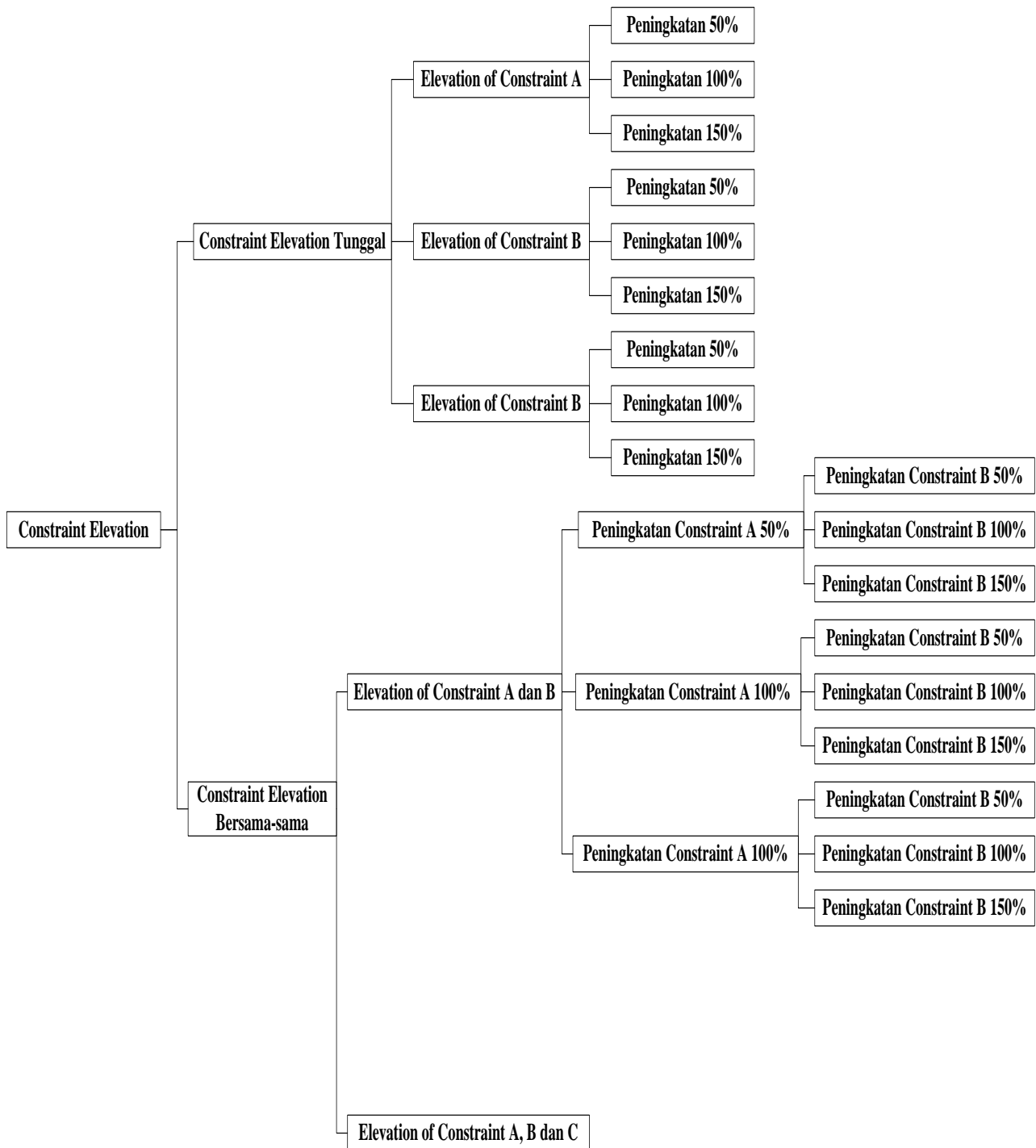
$$NB_t = B_t - dTC_t \quad \dots\dots\dots (3.22)$$

$$NB_t = Q_t (D_t) - Q_t (dP_t + dC_t + dF_t) \quad \dots\dots\dots (3.23)$$

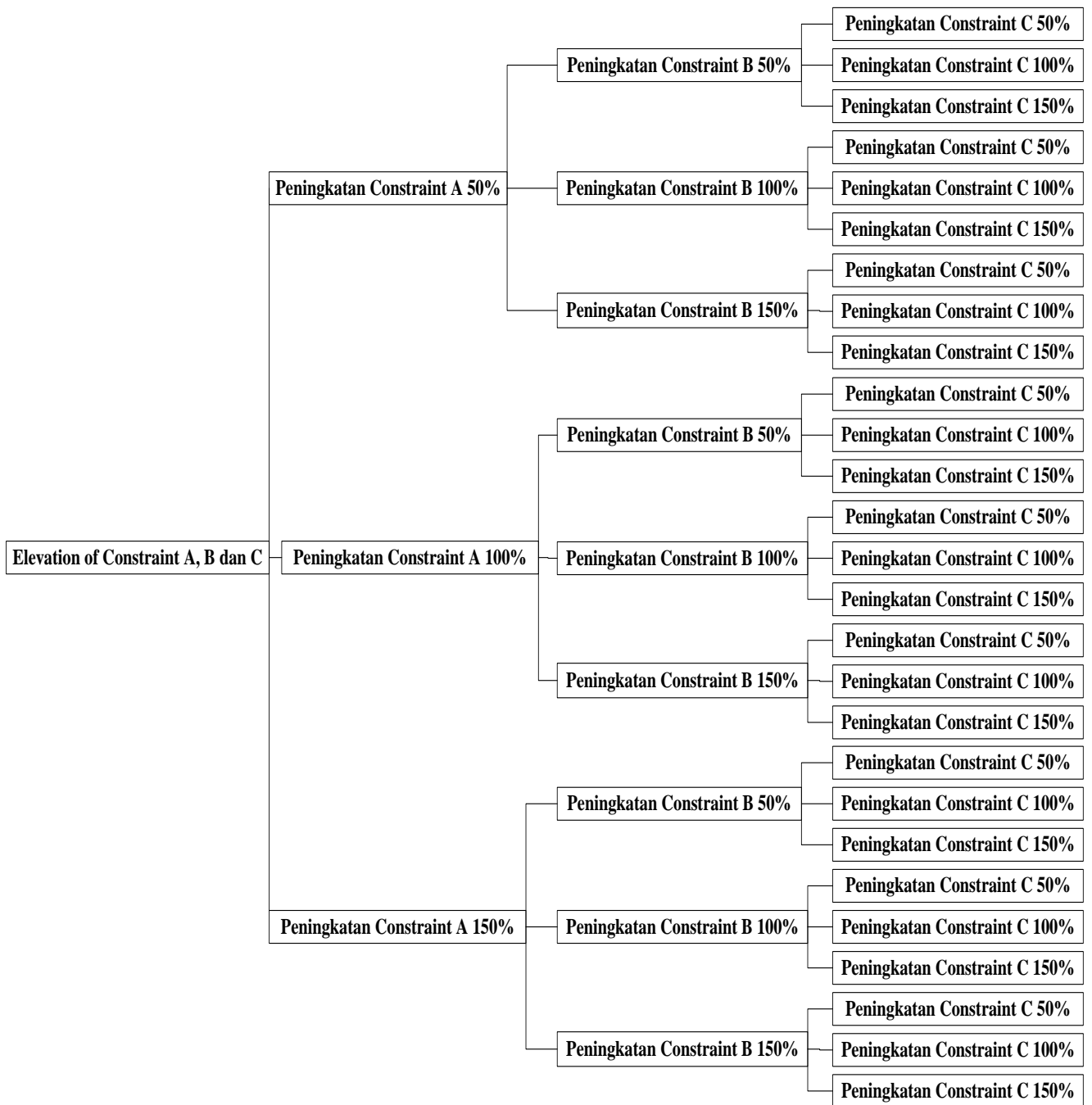
Net benefit dari peningkatan kapasitas *resource constraint* NB_t merupakan *benefit* pada satu periode waktu t . Untuk dapat mengukur *net benefit* dari peningkatan kapasitas *resource constraint* secara kumulatif, formula *net benefit* tersebut perlu dijabarkan sesuai dengan *plan horizon* dari proyeksi pertumbuhan *demand* pengangkutan. Karena nilai *benefit* dari kegiatan peningkatan kapasitas *resource constraint* untuk periode t tidak sama dengan nilai pada periode $t+1$, maka perhitungan *net benefit* diukur dengan menggunakan konsep *Present Value (PV)*. Apabila *net benefit* pada tahun dilakukannya investasi adalah $PVNB_0$ dan *net benefit* pada tahun pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya secara berturut-turut adalah $PVNB_1$, $PVNB_2$, $PVNB_3$, $PVNB_n$, maka fungsi utama dari kegiatan *elevate the constraint* sampai dengan tahun ke n adalah untuk mengoptimalkan nilai *net benefit* kumulatif menjadi sebagaimana formula 3.24 berikut:

$$Max NB = PV_0 + PV_1 + PV_2 + PV_3 + \dots + PV_n \quad \dots\dots\dots (3.24)$$

Adapun *constraint elevation* akan dilakukan dengan metode dan skenario sebagaimana yang terdapat pada Gambar 3.11. Pemilihan skenario *constraint elevation* dalam hal ini dilakukan berdasarkan batasan kemampuan investasi PT. X yang dalam hal ini diperoleh berdasarkan hasil *interview* dengan *top management* di perusahaan tersebut.



Lanjutan Skenario Constraint Elevation:



Gambar 3.11 Skenario *Constraint Elevation*

3.9 Pengukuran Hasil *Improvement*

Tahap ini difokuskan untuk mengukur hasil *improvement* yang dilakukan. Pada penelitian ini pengukuran akan dilakukan secara *hybrid*, yaitu dengan berbasis pada data operasional dan finansial hasil dari simulasi dan data *real*. Format yang akan dilakukan

untuk melakukan validasi dari model yang dibangun adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Template Validasi Model

Skenario	Case	Calculation Simulated		Real Data	
		Operational Measurement	Strategic Measurement	Operational Measurement	Strategic Measurement
Skenario 1	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 50%	Throughput	Net Profit	Throughput	Net Profit
		Operating Expense	Net Present Value	Operating Expense	Net Present Value
		Productivity Ratio	Return on Investment	Productivity Ratio	Return on Investment
		Inventory	Internal Rate of Return	Inventory	Internal Rate of Return
Skenario 2	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 100%	Throughput	Net Profit	Throughput	Net Profit
		Operating Expense	Net Present Value	Operating Expense	Net Present Value
		Productivity Ratio	Return on Investment	Productivity Ratio	Return on Investment
		Inventory	Internal Rate of Return	Inventory	Internal Rate of Return
Skenario 3	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 150%	Throughput	Net Profit	Throughput	Net Profit
		Operating Expense	Net Present Value	Operating Expense	Net Present Value
		Productivity Ratio	Return on Investment	Productivity Ratio	Return on Investment
		Inventory	Internal Rate of Return	Inventory	Internal Rate of Return

3.10 Penyusunan Rasio Efisiensi Investasi untuk Memilih Solusi Optimum

Salah satu kontribusi utama yang ada penelitian ini adalah dilakukannya penyusunan Rasio Efisiensi Investasi untuk mengetahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Faktor atau kendala apa yang perlu ditangani pada sistem transportasi laut?
2. Berapa besar investasi yang harus dikeluarkan?

3. Berapa besar dampak dari investasi yang dikeluarkan terhadap penurunan biaya sistem transportasi laut?

Secara umum Rasio Efisiensi Investasi (REI) memiliki formula sebagai berikut:

$$REI = \frac{\text{Reduksi Biaya Operasional Sistem}}{\text{Jumlah uang yang diinvestasikan untuk meningkatkan kapasitas constraint}} \dots\dots\dots (3.16)$$

Pada penelitian ini REI akan digunakan untuk memilih skenario solusi peningkatan kinerja transportasi laut yang paling optimal.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Studi Kasus

4.1.1 Deskripsi Studi Kasus

Sistem transportasi laut yang dijadikan sebagai studi kasus di dalam penelitian ini adalah sistem transportasi yang terdapat di PT X, yang merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang usaha minyak dan gas bumi baik di sektor hulu hingga hilir, beserta kegiatan usaha terkait lainnya baik di dalam maupun luar negeri. Bisnis di sektor hulu dilaksanakan di beberapa wilayah di Indonesia dan luar negeri meliputi kegiatan di bidang-bidang eksplorasi, produksi, serta transmisi minyak dan gas. Sedangkan di sektor hilir, meliputi kegiatan pengolahan minyak mentah, pemasaran dan niaga produk hasil minyak, gas dan petrokimia. Selain bisnis hulu dan hilir, juga dilaksanakan kegiatan angkutan laut untuk menunjang seluruh aktivitas perusahaan.

4.1.2 Dasar Pemilihan Studi Kasus

Pemilihan PT X sebagai studi kasus dilakukan berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

1. Memiliki departemen/unit bisnis yang menyediakan jasa pengangkutan kargo dengan menggunakan kapal.
2. Dalam menyediakan jasa pengangkutan kargo melalui kapal, juga sekaligus berperan sebagai *ship owner*, *ship charterer*, *ship operator*, dan *ship manager*.
3. Memiliki bagian yang bertugas untuk mengoperasikan, merawat, dan mengembangkan infrastruktur pelabuhan.
4. Memiliki kontrol terhadap *end-to-end process* dan sumber daya dari sistem transportasi laut.
5. Memiliki departemen yang berperan sebagai *cargo owner* atau pihak yang menggunakan jasa layanan transportasi laut.

Berdasarkan beberapa hal tersebut, dapat diketahui bahwa sebagai studi kasus di dalam penelitian ini memiliki elemen-elemen sistem transportasi laut yang lengkap. Hal tersebut akan mendukung proses analisis sistem transportasi laut secara komprehensif yang menjadi fokus dari penelitian ini. Selain itu, kontrol penuh yang dimiliki terhadap elemen-

elemen sistem transportasi laut tersebut akan membuka peluang dilakukannya *improvement* sistem berbasis TOC.

4.1.3 Pola Pengangkutan Laut di PT X

Kegiatan pengangkutan laut yang ada di PT X dilakukan baik untuk lingkup domestik maupun internasional. Minyak mentah diangkut dengan kapal dari lapangan minyak menuju ke kilang-kilang, setelah minyak mentah diproses di kilang, maka hasil pengolahan dari kilang diangkut menuju ke depot-depot.

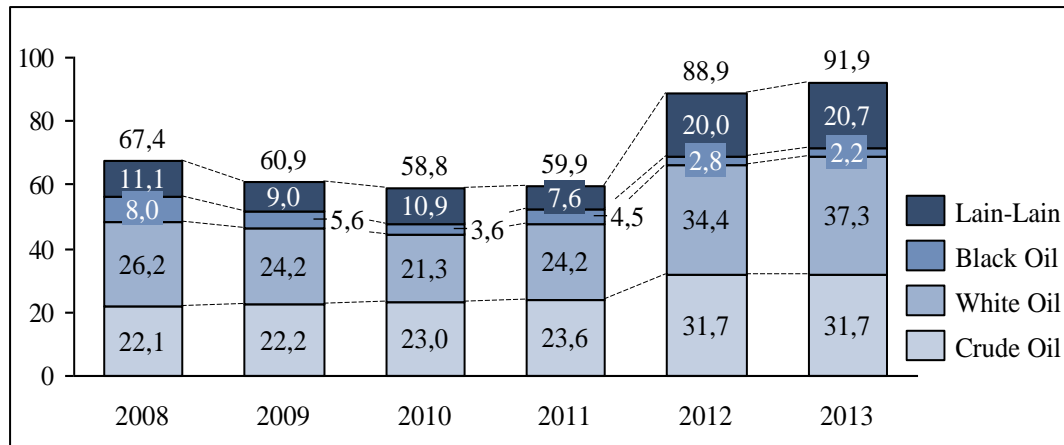
4.1.4 Jenis Cargo Yang Diangkut

Jenis kargo yang diangkut dibedakan menjadi dua kelompok besar yaitu:

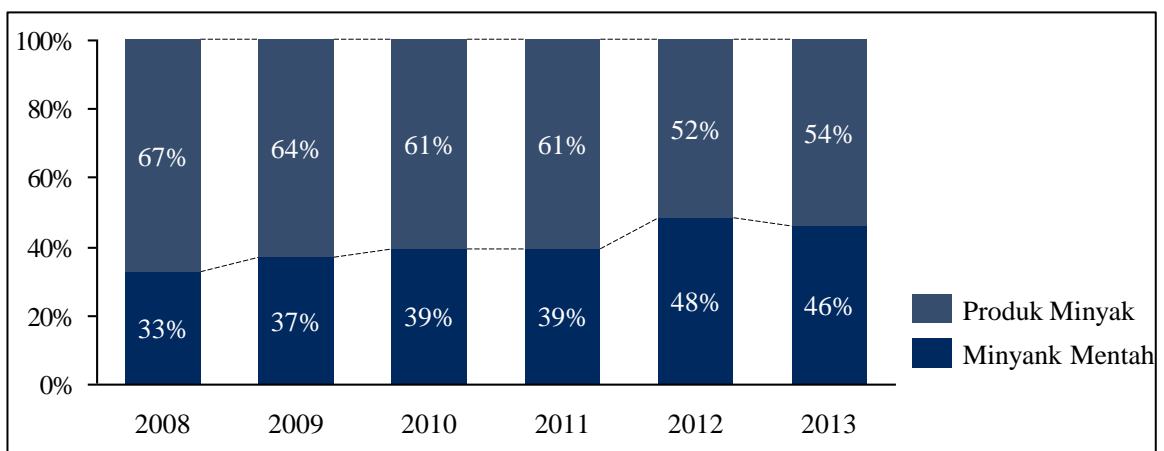
1. Kelompok produk minyak yang terdiri dari *white oil*, *black oil*, LPG, Asphalt, Lube Oil, dan Paraxylene. Jenis produk minyak yang masuk ke dalam jenis *white oil* antara lain adalah Premium, Kerosene, Solar, Avtur, dan Pertamina. Sementara itu, jenis produk yang masuk ke golongan *black oil* antara lain adalah Fuel Oil, MDO dan MFO.
2. Kelompok minyak mentah yang terdiri dari jenis Crude Oil dan LSWR. Beberapa Crude Oil yang diangkut antara lain adalah Arjuna Crude, Attaka Crude, Belida Crude, dan lain sebagainya. Sementara itu, jenis LSWR merupakan residu minyak mentah yang memiliki kadar belerang rendah.

4.1.5 Volume Cargo yang Diangkut

Volume cargo yang diangkut pada periode tahun 2008 sampai dengan 2013 rata-rata adalah sebanyak 71.3 Juta Kilo Liter (KL) per tahun. Volume terbesar terjadi pada tahun 2013 yang mencapai kurang lebih 91.92 juta KL. Perkembangan volume cargo yang diangkut dan komposisi pengangkutannya berdasarkan kelompok produk dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Perkembangan Volume Cargo yang Diangkut



Gambar 4.2 Komposisi Cargo Yang Diangkut Berdasar Kelompok Produk

Berdasarkan Gambar 4.1, volume cargo yang diangkut secara umum mengalami *trend* peningkatan. Terkait dengan porsi pengangkutan, berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa porsi terbesar ada pada jenis cargo produk minyak, khususnya *white oil*.

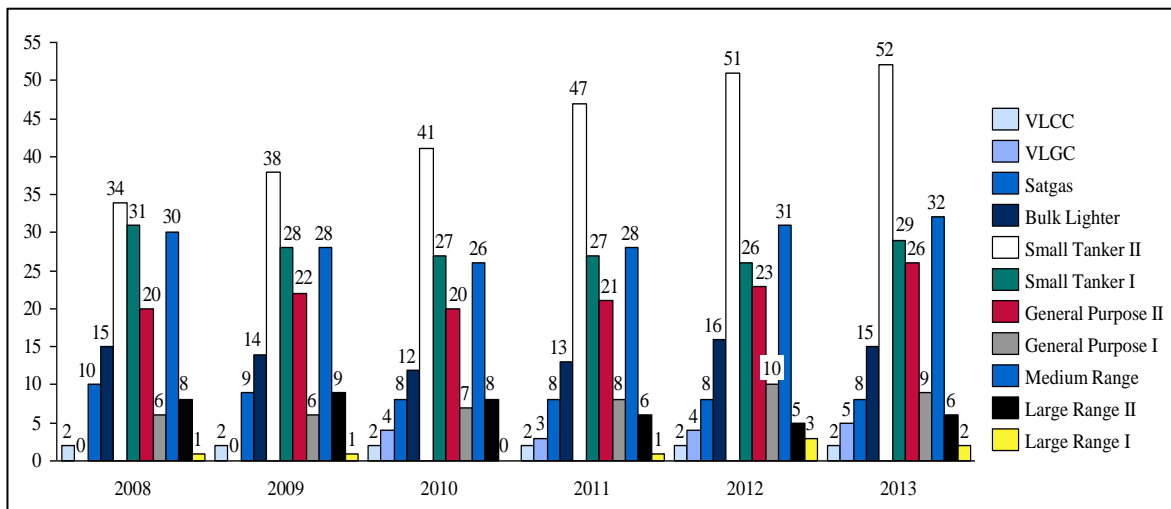
4.1.6 Kapal yang Dioperasikan

Pada tahun 2013, jumlah kapal yang dioperasikan 186 unit kapal. Dari jumlah tersebut, 53 tiga unit merupakan kapal milik, sedangkan 133 yang lain merupakan kapal sewa. Tipe kapal yang dioperasikan mulai dari tipe Satgas sampai dengan Very Large Crude Carrier (VLCC) dan Very Large Gas Carrier (VLGC). Data mengenai tipe kapal yang dioperasikan beserta *Dead Weight Ton* (DWT) dari kapal dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tipe Kapal yang Dioperasikan

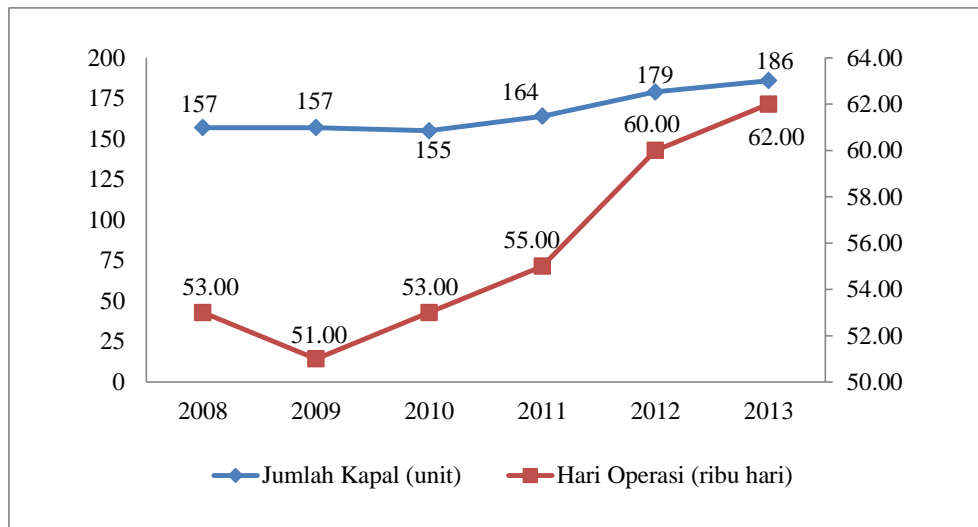
<i>Type</i>	DWT (Ton)		<i>Capacity</i> (Ton)	
	Terendah	Tertinggi	Terendah	Tertinggi
SATGAS	800	4,990	720	4,491
Bulk Lighter	1,084	1,585	976	1,427
Small Tanker I	1,693	3,587	1,524	3,228
Small Tanker II	3,607	6,500	3,246	5,850
General Purpose I	6,612	16,226	5,951	14,603
General Purpose II	16,677	23,485	15,009	21,136
Medium Range	29,490	45,234	26,541	40,711
Large Range II	85,000	107,500	76,500	96,750
Very Large Gas Carrier (VLGC)	56,864	59,421	51,178	53,479
Very Large Crude Carrier (VLCC)	300,149	308,596	285,156	323,667

Dari segi komposisi tipe kapal, selama ini porsi pengangkutan terbanyak dilakukan dengan kapal tipe Small Tanker 2. Perkembangan jumlah kapal yang dioperasikan mulai dari tahun 2008 sampai dengan 2013 yang dibagi berdasarkan tipe kapal dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perkembangan Jumlah Kapal yang Dioperasikan PT X

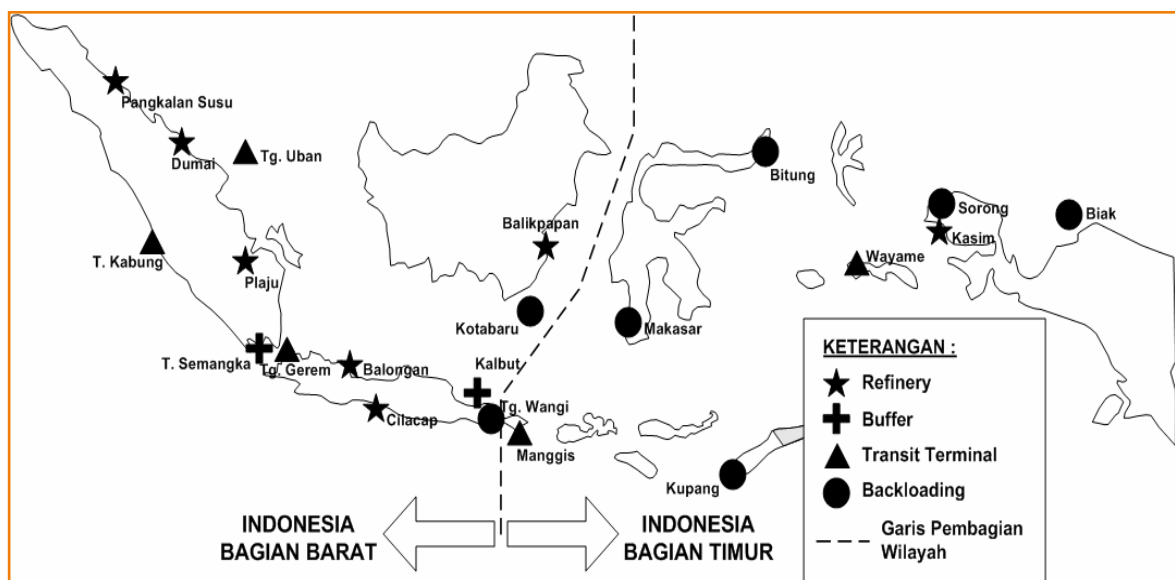
Dari segi penggunaan, dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2013 hari pengoperasian kapal secara umum mengalami peningkatan. Gambar 4.4 merupakan perkembangan jumlah kapal secara kumulatif beserta data hari pengoperasian kapal.



Gambar 4.4 Perkembangan Jumlah Kapal dan Hari Pengoperasian Kapal

4.1.7 Pelabuhan Yang Dioperasikan

Pelabuhan yang dioperasikan mencakup *loading port*, *discharging port*, terminal transit, terminal *backloading*, dan *buffer*. Pada tahun 2013, mengoperasikan 135 terminal khusus dengan 214 dermaga, 19 *Single Point Mooring* (SPM), 14 *Ship to Ship* (STS), 12 *Centre Buoy Mooring* (CBM), dan 158 sarana pelabuhan. Sebaran geografis pelabuhan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Sebaran Geografis Pelabuhan di Indonesia

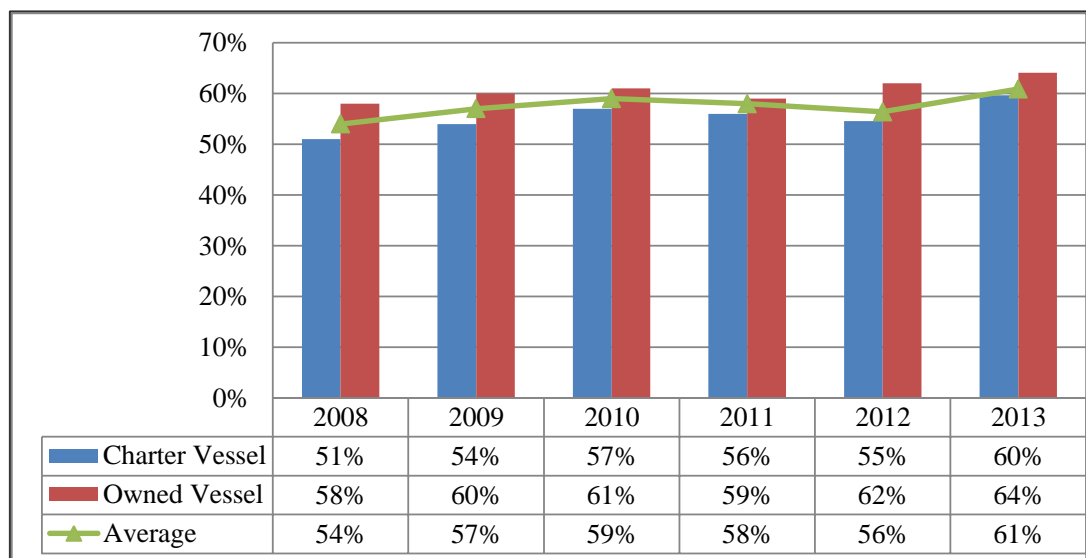
Untuk mengukur *process performance* di pelabuhan, salah satu indikator utama yang digunakan adalah *Integrated Port Time (IPT)*. IPT merupakan total waktu yang diperlukan

untuk melayani kapal selama berada pelabuhan. IPT dihitung dengan mengurangi waktu ketika kapal tiba di pelabuhan sampai dengan ketika kapal meninggalkan pelabuhan.

Rangkaian kegiatan yang dilakukan oleh kapal ketika berada di pelabuhan adalah sebagai berikut :

1. *Steaming in*
2. *Berthing*
3. *Sounding and cargo calculation*
4. *Connecting hose/loading arm*
5. *Loading/discharge activity*
6. *Pilotage*
7. *Laboratory test*
8. *Ship document processing*
9. *Port charge processing*
10. *Unberthing*
11. *Steaming out*

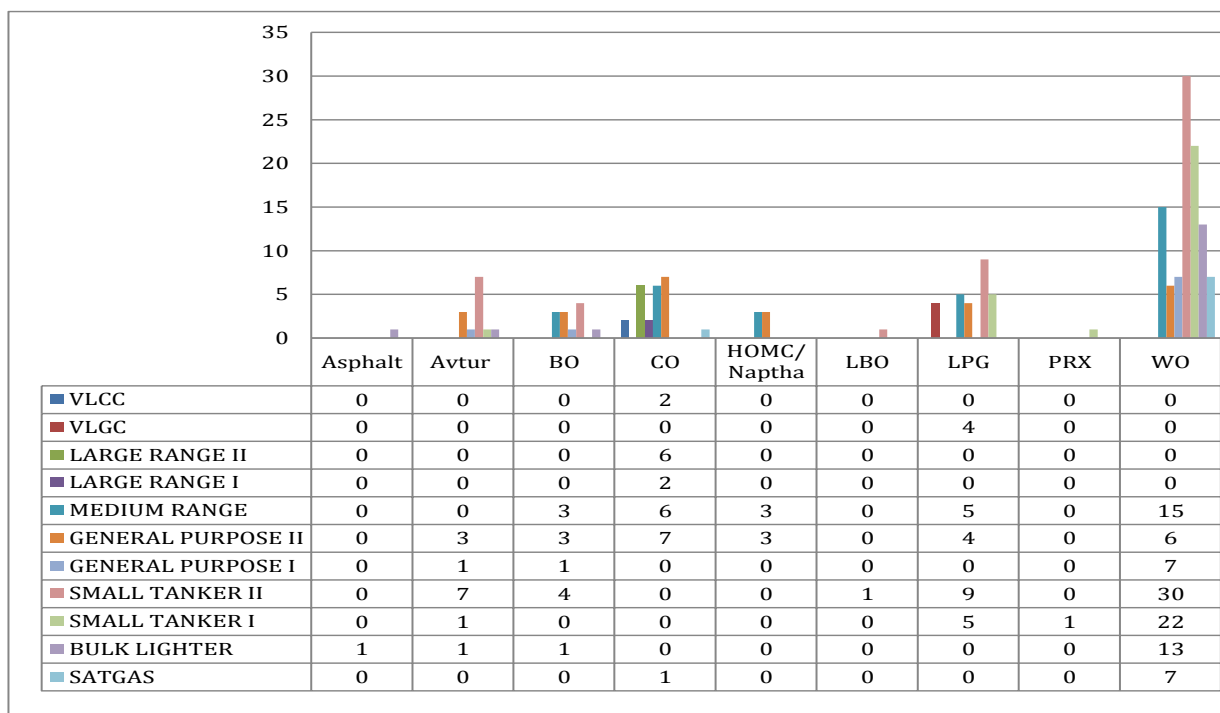
Berdasarkan kegiatan pengumpulan data yang dilakukan, selama ini porsi dari *port time* terhadap total hari operasi kapal, cenderung mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Gambar 4.6 merupakan grafik porsi dari *port time* terhadap hari operasi seluruh kapal mulai dari tahun 2008 sampai dengan 2013.



Gambar 4.6 Porsi *Port Time* Terhadap Hari Operasi Seluruh Kapal

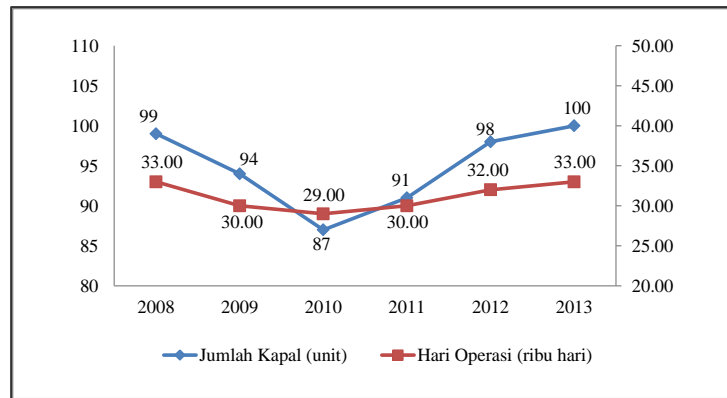
4.1.8 Data Pengangkutan Kapal Tipe Small Tanker II dengan Cargo White Oil

Ditinjau dari penggunaan kapal berdasarkan tipe dan jenis angkutan yang diangkut tahun 2013 pada Gambar 4.7, terlihat bahwa untuk jenis angkutan *white oil* mendominasi penggunaan jumlah dan tipe kapal dalam kegiatan distribusinya. Tipe kapal yang paling banyak digunakan untuk angkutan *white oil* adalah tipe S I (*Small tanker I*) dan S II (*Small tanker II*) yang masing-masing berjumlah 2dua unit dan 30 unit kapal . Penggunaan kapal dalam jumlah terkecil adalah jenis angkutan paraxylene (PRX) yang hanya menggunakan satu unit kapal S I (*Small tanker I*).



Gambar 4.7 Perkembangan Jumlah Kapal *Small Tanker II* Milik Pertamina Untuk Angkutan Laut Kargo Kelompok *White Oil*

Pada tahun 2008 sesuai dengan Gambar 4.8, tercatat penggunaan semua tipe kapal untuk angkutan WO (*white oil*) sebanyak 99 unit dengan hari operasi sebanyak 33 ribu hari. Pertumbuhan jumlah kapal untuk angkutan WO (*white oil*) dengan hari operasinya tidak berlangsung seimbang. Terlihat pada tahun 2010 dimana hari operasi menurun sebesar 1 ribu hari dari tahun 2009 dan jumlah kapal berkurang sebanyak 7 unit. Pola pertumbuhan yang berbeda ini merupakan salah satu penyebab letak titik maksimum yang berbeda antara jumlah kapal dengan hari operasi kapal. Jumlah tertinggi kapal terjadi pada tahun 2013, sedangkan jumlah tertinggi hari operasi terjadi pada tahun 2008 dan 2013. Hari operasi kapal sepanjang waktu penelitian berkisar antara 29 – 33 ribu hari.



Gambar 4.8 Realisasi Penggunaan Kapal Pada Angkutan Laut Kargo Kelompok *White Oi*

4.2 Define The System's Goal pada TOC

Pada dasarnya, *goal* dari sistem pelayananan pengangkutan laut dapat ditinjau dari beberapa perspektif. Dari aspek kualitas, sistem pelayanan pengangkutan laut diharapkan dapat memenuhi *demand* pengangkutan secara tepat waktu, tepat volume, dan tepat kualitas. Hal tersebut dapat diterjemahkan sebagai upaya untuk menjaga agar pelayanan yang diberikan memenuhi standar dasar yang ditetapkan seperti pengantaran tepat waktu, tepat volume, tepat kualitas produk, dan lain sebagainya. Dari aspek lain, pelayanan pengangkutan laut diharapkan dapat memaksimalkan sesuatu berdasarkan sumber daya yang ada. Contoh yang dapat dioptimalkan antara lain produktivitas pengangkutan.

Untuk memilih tujuan dari sistem transportasi laut yang ada di PT. X, pada penelitian ini dilakukan *interview* ke beberapa *top management* di perusahaan tersebut. Karena kualitas pelayanan merupakan suatu hal yang di luar cakupan, penelitian ini akan difokuskan pada pencapaian *goal* yang dapat diukur langsung. Asumsi dasar yang dibangun adalah upaya mengoptimalkan sesuatu berdasarkan sumber daya yang terbatas akan berdampak pada peningkatan kualitas pelayanan. Kandidat tujuan sistem yang akan dipilih adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kepuasan pelanggan
2. Memenuhi *demand* pengangkutan dengan biaya efisien
3. Meningkatkan *revenue* dan memasuki pasar baru

Wawancara dengan *top management* dilakukan untuk memilih satu tujuan utama dari sistem pengangkutan laut yang ada di PT. X. Kriteria yang digunakan untuk memilih *goal* dari sistem adalah sebagai berikut:

1. Relevansi *goal* dengan strategi korporat

2. Relevansi *goal* dengan konsep TOC
3. Kemudahan pengukuran tujuan (*measureable*)
4. Kemudahan pencapaian tujuan (*achievable*)

Proses penentuan tujuan sistem dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hasil penentuan bobot untuk masing-masing kriteria terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Bobot Kriteria

Kriteria	<i>Achievable</i>	<i>Measureable</i>	Relevansi Korporat	Relevansi TOC
Achievable	1	4	3	7
Measureable	1/4	1	1/3	3
Relevansi Korporat	1/3	3	1	5
Relevansi TOC	1/7	1/3	1/5	1

Hasil perbandingan masing-masing kandidat *goal* berdasarkan kriteria relevansi dengan TOC terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbandingan Goal dari Aspek Relevansi dengan TOC

Relevansi TOC	Meningkatkan kepuasan pelanggan	Memenuhi demand pengangkutan dengan biaya efisien	Meningkatkan revenue dan market baru
Meningkatkan kepuasan pelanggan	1	1/3	5
Memenuhi demand pengangkutan dengan biaya efisien	3	1	9
Meningkatkan revenue dan market baru	1/5	1/9	1

Hasil perbandingan masing-masing kandidat *goal* berdasarkan kriteria relevansi dengan strategi korporat dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perbandingan Goal dari Aspek Relevansi dengan Tujuan Korporat

Relevansi Goal Korporat	Meningkatkan kepuasan pelanggan	Memenuhi demand pengangkutan dengan biaya efisien	Meningkatkan revenue dan market baru
Meningkatkan kepuasan pelanggan	3.00	12.25	38.00
Memenuhi demand pengangkutan dengan biaya efisien	0.84	3.00	9.80
Meningkatkan revenue dan market baru	0.27	1.06	3.00

Hasil perbandingan masing-masing kandidat *goal* dari aspek kemudahan pencapaian dan kemudahan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Perbandingan Goal dari Aspek Relevansi dengan Kemudahan Pengukuran

Measureable	Meningkatkan kepuasan pelanggan	Memenuhi demand pengangkutan dengan biaya efisien	Meningkatkan revenue dan market baru
Meningkatkan kepuasan pelanggan	1	3	1/5
Memenuhi demand pengangkutan dengan biaya efisien	1/3	1	1/7
Meningkatkan revenue dan market baru	5	7	1

Tabel 4.6 Perbandingan Goal dari Aspek Relevansi dengan Kemudahan Pencapaian

Achievable	Meningkatkan kepuasan pelanggan	Memenuhi demand pengangkutan dengan biaya efisien	Meningkatkan revenue dan market baru
Meningkatkan kepuasan pelanggan	1	1/4	4
Memenuhi demand pengangkutan dengan biaya efisien	4	1	9
Meningkatkan revenue dan market baru	1/4	1/9	1

Setelah dilakukan normalisasi berbasis eigenvector, perhitungan indeks konsistensi, dan perhitungan rasio konsistensi, maka hasil akhir dari perbandingan masing-masing *goal* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Akhir Pemilihan Tujuan Utama Sistem Berbasis AHP

Goals	Kriteria	Bobot	Bobot Goal	Weighted Score
Meningkatkan kepuasan pelanggan	Achievable	0.547569239	0.217165613	0.118913209
	Measureable	0.126555284	0.188394097	0.023842268
	Relevansi Korporat	0.269949922	0.742866622	0.200536787
	Relevansi TOC	0.055925554	0.265433343	0.014844507
Total				0.358136772
Memenuhi demand pengangkutan dengan biaya efisien	Achievable	0.547569239	0.717065035	0.392642755
	Measureable	0.126555284	0.080961232	0.010246072
	Relevansi Korporat	0.269949922	0.193881633	0.052338332
	Relevansi TOC	0.055925554	0.671625451	0.037561026
Total				0.492788185
Meningkatkan revenue dan market baru	Achievable	0.547569239	0.065769352	0.036013274
	Measureable	0.126555284	0.730644671	0.092466944
	Relevansi Korporat	0.269949922	0.063251744	0.017074803
	Relevansi TOC	0.055925554	0.062941206	0.003520022
Total				0.149075044

Berdasarkan Tabel 4.7, maka *goal* dari sistem pengangkutan laut yang ada pada penelitian ini adalah **memenuhi demand pengangkutan laut dengan biaya efisien**.

4.3 Penentuan *Performance Measurement* pada TOC

Pada tahap ini akan dilakukan penentuan beberapa *performance measurement* dari sistem pengangkutan laut. TOC menyediakan ukuran kinerja global pada tingkat strategis dan ukuran kinerja tingkat operasional. Layer-layer ukuran kinerja yang terdapat pada TOC saling selaras, sehingga pencapaian tujuan pada level terendah dapat menunjang pencapaian kinerja strategis. Berdasarkan hal ini, pada penelitian ini akan ditentukan ukuran kinerja untuk level operasional dan strategis

4.3.1 Ukuran Kinerja Operasional

4.3.1.1 *Throughput*

Sesuai dengan penjelasan yang terdapat sebelumnya, pada *profit organization*, TOC merupakan *rate* dimana sistem menghasilkan uang melalui penjualan (Goldratt dan Cox, 1984). Selain definisi tersebut, *throughput* merupakan uang yang dihasilkan dari kegiatan menjual layanan (Siha, 1999). Untuk *non profit organization*, *throughput* merupakan jumlah produk atau layanan yang disediakan (Dettmer, 1995).

Pada penelitian ini, penentuan rute, tipe kapal, dan harga penjualan merupakan hal yang di luar cakupan. Berdasarkan hal tersebut, *rate* dimana sistem menghasilkan uang melalui penjualan pada sistem pengangkutan laut akan sangat dipengaruhi oleh besar muatan yang dapat diangkut oleh kapal dan dilayani oleh pelabuhan dalam satu periode waktu. Oleh karena itu, pada penelitian ini *throughput* didefinisikan sebagai banyaknya muatan yang berhasil terangkut pada satu satuan waktu. Muatan dikatakan sebagai terangkut apabila muatan dari pelabuhan muat dapat dipindahkan ke kapal, dipindahkan ke pelabuhan bongkar, dan dibongkar di pelabuhan bongkar. Dalam hal ini, semakin besar muatan yang berhasil diangkut, maka *throughput* akan semakin tinggi.

Throughput (T) = Volume muatan yang terangkut pada satu periode waktu

4.3.1.2 *Inventory*

Kosakata *Inventory* yang biasa terdapat pada bidang manufaktur dapat diterjemahkan di bidang jasa sebagai suatu layanan yang tidak atau belum terdaya guna (Siha, 1999). Siha memberi contoh *Inventory* di bidang jasa sebagai ruang kamar pada hotel dan tempat duduk pada pesawat. Definisi tersebut selaras dengan definisi awal dari

Inventory yang menyatakan bahwa *Inventory* merupakan jumlah uang yang diinvestasikan ke sesuatu yang mana perusahaan bertujuan untuk menjualnya (Goldratt dan Cox, 1984).

Pada konteks sistem pengangkutan laut yang terdiri dari beberapa sumber daya, konsep *Inventory* dapat ditinjau dari aspek kapal dan infrastruktur pelabuhan. Pada aspek kapal, *Inventory* dapat didefinisikan sebagai ruang muat kapal yang tidak atau belum terdaya guna selama satu periode waktu. Dari aspek infrastruktur pelabuhan, *Inventory* dapat diartikan sebagai sumber daya *jetty*, perangkat bongkar muat, dan peralatan lain yang belum atau tidak terdaya guna.

Konsep utilisasi ruang muat dapat menjadi sangat berbeda jika ditinjau hanya dari aspek kapal dibandingkan dengan jika ditinjau dari aspek sistem pengangkutan laut secara keseluruhan. Apabila peninjauan hanya dilakukan dari aspek kapal, segala status yang berkaitan dengan *idle time* atau *waiting time* dapat diartikan sebagai terdaya guna selama kapal dalam status melayani *order*. Jika ditinjau dari segi sistem pengangkutan laut secara menyeluruh, apabila kapal melakukan aktivitas yang tidak efisien seperti *idle*, *waiting*, *slow speed*, atau *slow pumping*, ruang muat dapat masuk ke status tidak terdaya guna. Berdasarkan hal ini, pada penelitian ini konsep *Inventory* akan didefinisikan sebagai ruang muat kapal dan kapasitas infrastruktur pelabuhan yang tidak terdaya guna baik akibat tidak adanya order maupun akibat adanya inefisiensi proses.

***Inventory (I)* = Ruang muat kapal dan infrastruktur pelabuhan yang tidak atau belum terdaya guna selama satu periode waktu.**

4.3.1.3 Operating Expense

Operating Expense merupakan biaya yang diperlukan untuk mengubah *Inventory* menjadi *Throughput* (Goldratt dan Cox, 1984). Pada konteks jasa pengangkutan laut, *Operating Expense* dapat diartikan sebagai berikut:

***Operating Expense (OE)* = Total biaya yang dikeluarkan untuk mengubah ruang muat kapal dan kapasitas infrastruktur pelabuhan menjadi terdaya guna untuk pengangkutan muatan pada satu periode waktu.**

4.3.1.4 Productivity

Menurut Gupta (2003), hubungan antara *Throughput*, *Inventory*, *Operating Expense*, dan *Productivity Ratio* adalah sebagai berikut:

$$NP = T - OE \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

$$ROI = \frac{NP}{I} = \frac{T-OE}{I} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

$$Inventory\ turns = \frac{T}{I} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

$$Productivity\ ratio = \frac{T}{OE} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

Definisi dari Gupta dapat diaplikasikan pada laut, sehingga produktivitas pelayanan angkutan laut pada penelitian ini didefinisikan sebagai:

$$Productivity\ Ratio = \frac{T}{OE} \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

Secara umum, produktivitas pada sistem pengangkutan laut dapat diartikan sebagai perbandingan antara volume muatan yang terangkut terhadap biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pengantaran muatan.

4.3.2 Ukuran Kinerja Strategis

4.3.2.1 Net Profit

Berdasarkan definisi dari Gupta (2003), Net Profit merupakan *Throughput* yang dikurangi dengan *Operating Expense*. Pada penelitian ini, *Throughput* didefinisikan sebagai volume muatan yang terangkut pada satu periode waktu. Sementara itu, *Operating Expense* didefinisikan sebagai total biaya yang dikeluarkan untuk mengubah ruang muat kapal dan kapasitas infrastruktur pelabuhan menjadi terdaya guna untuk pengangkutan muatan pada satu periode waktu. Berdasarkan hal ini, maka hubungan antara *Net Profit* dengan *Throughput* adalah berbanding lurus. Semakin besar *Throughput* pengangkutan, maka *Net Profit* dari sistem angkutan laut akan semakin tinggi. Sementara itu, hubungan antara *Net Profit* dengan *Operating Expense* bersifat berbanding terbalik. *Operating Expense* yang besar akan berdampak pada Net Profit yang semakin kecil.

$$Net\ Profit\ (NP) = Throughput - Operating\ Expense \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

4.3.2.2 *Net Present Value*

Net Profit merupakan ukuran kinerja pada layer strategis yang cocok digunakan apabila evaluasi dilakukan untuk satu rentang waktu dimana *return* tidak terkena dampak diskonto. Apabila evaluasi dilakukan untuk beberapa rentang waktu yang berdampak pada adanya diskonto terhadap *return*, maka ukuran *Net Present Value* lebih tepat untuk digunakan. Pada prinsipnya, *Net Present Value* merupakan penjumlahan dari beberapa *present value* atas benefit yang diperoleh selama satu periode waktu.

4.3.2.3 *Return on Investment*

Mengacu ke definisi dari Gupta (2003), *Return on Investment* merupakan rasio antara *Net Profit* dengan *Inventory*. Pada penelitian ini *Inventory* didefinisikan sebagai ruang muat kapal dan kapasitas infrastruktur pelabuhan yang tidak atau belum terdaya guna. Dalam kalimat lain, *Inventory* merupakan jumlah uang yang diinvestasikan ke ruang muat maupun infrastruktur pelabuhan yang akan digunakan untuk melayani pengangkutan muatan. Hubungan antara *Return on Investment* dengan *Net Profit* berbanding lurus, sedangkan hubungan antara *Return on Investment* dengan *Inventory* bersifat berbanding terbalik.

$$\text{Return on Investment (ROI)} = \frac{\text{Net Profit}}{\text{Inventory}} \dots\dots\dots (4.7)$$

4.4 *Identify the System's Constraint*

Sebagaimana penjelasan yang disampaikan pada bagian metodologi, identifikasi *constraint* dari sistem angkutan laut akan dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu dengan memodelkan pola kerja dari sistem transportasi laut eksisting, mencari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas pengangkutan, dan yang terakhir adalah dengan mengidentifikasi faktor berpengaruh yang menjadi *constraint*.

4.4.1 *Pemodelan Sistem Transportasi Laut Eksisting*

Model sistem transportasi laut eksisting merupakan gambaran mengenai mekanisme kerja, urutan proses, waktu eksekusi, distribusi, dan *performance* dari sistem transportasi laut ada di PT X. *Output* dari tahap ini adalah terbentuknya model *as-is* yang menggambarkan cara kerja sistem transportasi laut di PT X.

4.4.1.1 Pola Operasional Pengangkutan di PT X

Proses pengangkutan cargo di PT X dimulai ketika kapal tiba di *loading port*. Berdasarkan kegiatan pengumpulan data yang telah dilakukan, urutan aktivitas ketika kapal berada di *loading port* PT X adalah sebagai berikut:

1. *Steaming in*

Steaming in merupakan tahapan dimana kapal tiba di titik luar *loading port* sampai area dalam *loading port*.

2. *Waiting at anchorage area*

Waiting at anchorage area merupakan tahapan dimana kapal melakukan aktivitas labuh jangkar dan menunggu untuk proses *berthing*. Pada kondisi ideal, tahapan ini tidak dilakukan karena kapal yang tiba di pelabuhan seharusnya dapat langsung sandar di dermaga *loading port*.

3. *Berthing*

Berthing merupakan tahapan dimana kapal melakukan olah gerak untuk sandar di dermaga *loading port*.

4. *Connecting hose/loading arm, pumping rate negotiation, dan persiapan line*

Tahap ini merupakan tahap dimana dilakukan pemasangan pompa *loading*.

5. *Loading activity*

Pada tahap ini, kegiatan *transfer* muatan dari darat ke kapal (*loading*) dilakukan.

6. *Laboratory test*

Pada tahap ini dilakukan kegiatan pengecekan laboratorium untuk memastikan bahwa mutu muatan yang terdapat di kapal sama dengan mutu sebelum dilakukan proses *transfer*.

7. *Hose disconnection*

Pada tahap ini dilakukan aktivitas pelepasan *loading hose*.

8. *Ship document and port charge processing*

Tahap ini merupakan tahap dimana dilakukan pemrosesan dokumen pelayaran dan pembayaran biaya pelabuhan.

9. *Unberthing*

Setelah tahap *loading*, pengecekan, dan administrasi selesai, tahap selanjutnya adalah *unberthing* dimana kapal melakukan kegiatan olah gerak untuk keluar dari area dermaga menuju area luar pelabuhan.

10. *Steaming out*

Pada tahap ini, kapal bergerak meninggalkan area *loading port* menuju area *discharging port*.

Setelah meninggalkan *loading port*, kapal berlayar dengan kecepatan maksimal di laut bebas. Aktivitas ini biasanya disebut dengan *sea time*. Setelah tiba di area *discharge port*, aktivitas yang dilakukan oleh kapal hampir sama dengan aktivitas yang dilakukan di *loading port*, yaitu:

1. *Steaming in*

Steaming in merupakan tahapan dimana kapal tiba di titik luar pelabuhan sampai area dalam *discharge port*.

2. *Waiting at anchorage area*

Waiting at anchorage area merupakan tahapan dimana kapal melakukan aktivitas labuh jangkar dan menunggu untuk proses *berthing*. Sebagaimana tahapan pada proses *loading*, pada kondisi ideal tahapan ini tidak dilakukan karena kapal yang tiba di pelabuhan seharusnya dapat langsung sandar di dermaga *discharge port*.

3. *Berthing*

Berthing merupakan tahapan dimana kapal melakukan olah gerak untuk sandar di dermaga *discharge port*.

4. *Sounding and cargo calculation*

Tahap ini merupakan tahap dimana dilakukan perhitungan volume muatan yang terdapat di atas kapal sebelum dilakukan aktivitas pembongkaran muatan.

5. *Port Clearance*

6. *Laboratory test*

Pada tahap ini dilakukan kegiatan pengecekan laboratorium untuk memastikan bahwa mutu muatan yang terdapat di darat sama dengan mutu sebelum dilakukan proses *transfer*.

7. *Connecting hose/loading arm, discharge rate negotiation, dan persiapan line*

Tahap ini merupakan tahap dimana dilakukan pemasangan pompa *discharge*.

8. *Discharge activity*

Pada tahap ini, kegiatan *transfer* muatan dari kapal ke darat (*discharge*) dilakukan.

9. *Tank inspection*

Pada tahap ini dilakukan kegiatan pemeriksaan tanki di kapal untuk memastikan volume muatan yang masih tersisa di tanki.

10. Hose disconnection

Pada tahap ini dilakukan kegiatan pembongkaran *discharging hose*.

11. Ship document and port charge processing

Tahap ini merupakan tahap dimana dilakukan pemrosesan dokumen pelayaran. dan pembayaran biaya pelabuhan.

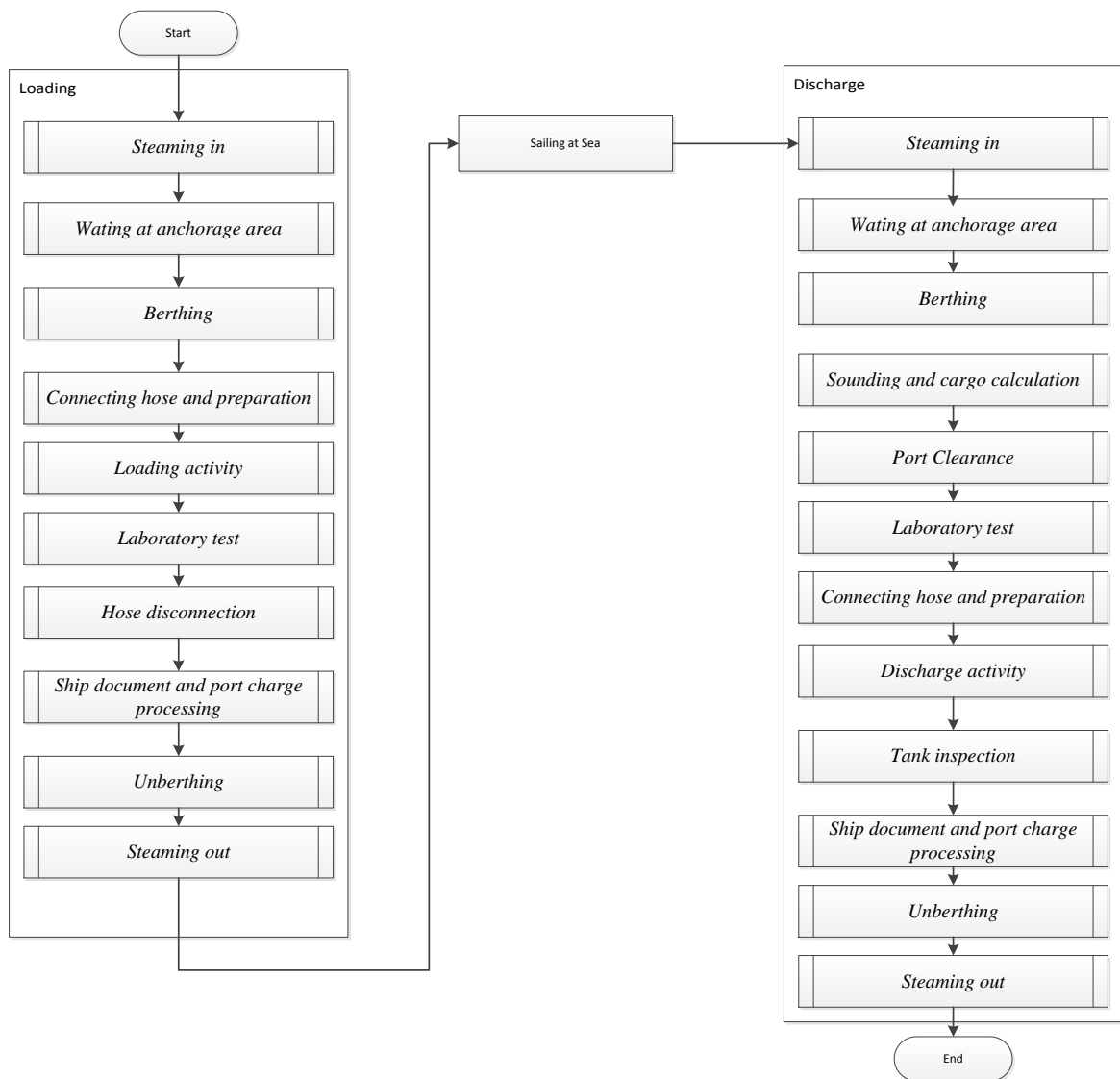
12. Unberthing

Setelah tahap *discharge*, pengecekan, dan administrasi selesai, tahap selanjutnya adalah *unberthing* dimana kapal melakukan kegiatan olah gerak untuk keluar dari area dermaga menuju area luar pelabuhan.

13. Steaming out

Pada tahap ini, kapal bergerak meninggalkan area *discharge port* menuju pelabuhan berikutnya.

Secara umum, pola operasional pengangkutan laut yang terdapat di PT X mulai dari kapal *loading* sampai dengan *discharge* dengan asumsi tidak terdapat aktivitas *multi discharge* dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pola Operasional Pengangkutan pada PT X

Pada praktiknya, beberapa aktivitas yang terdapat pada Gambar 4.9 tersebut pelaksanaannya tidak dilakukan secara sekuensial. Beberapa proses dijalankan secara paraleldengan proses yang lain. Untuk setiap pelabuhan dan setiap tipe kapal tertentu, PT X telah memiliki standar proses dan standar waktu eksekusi yang berbeda-beda.

4.4.1.2 Standardisasi *Unit of Measure* Komponen Sistem Transportasi Laut

Berdasarkan penjelasan yang terdapat pada bagian sebelumnya, *unit of measure* untuk komponen-komponen yang terdapat pada sistem transportasi laut tidak standar. Agar ke depan *constraint* dari sistem transportasi laut dapat diidentifikasi, masing-masing *unit of measure* dari komponen-komponen sistem perlu distandarkan. Sebagaimana yang terdapat pada Bab III, masing-masing sub proses dari sistem transportasi laut perlu distandarkan menjadi satuan *KL per day*. Hasil pengolahan data yang dilakukan terhadap

kapasitas sumber daya dari masing-masing sub proses adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Konversi *Unit of Measure* dari Proses-Proses Sistem Transportasi Laut

Sumber Daya	Unit Awal		Unit Konversi	
	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Speed	11	Knots	18,480	KL/Day
Draft	4.5	Meter	10,739	KL/Day
Jetty	2	Unit	2,016	KL/Day
Tenaga Kerja	12	Ships/Day	50,400	KL/Day
Tenaga Kerja	12	Ships/Day	50,400	KL/Day
Pompa dan Pipa	400	CuM/Hour	9,600	KL/Day
Tenaga Kerja	8	Ships/Day	33,600	KL/Day
Tenaga Kerja	8	Ships/Day	33,600	KL/Day
Tenaga Kerja	6	Ships/Day	25,200	KL/Day

4.4.1.3 Proses dan Distribusi

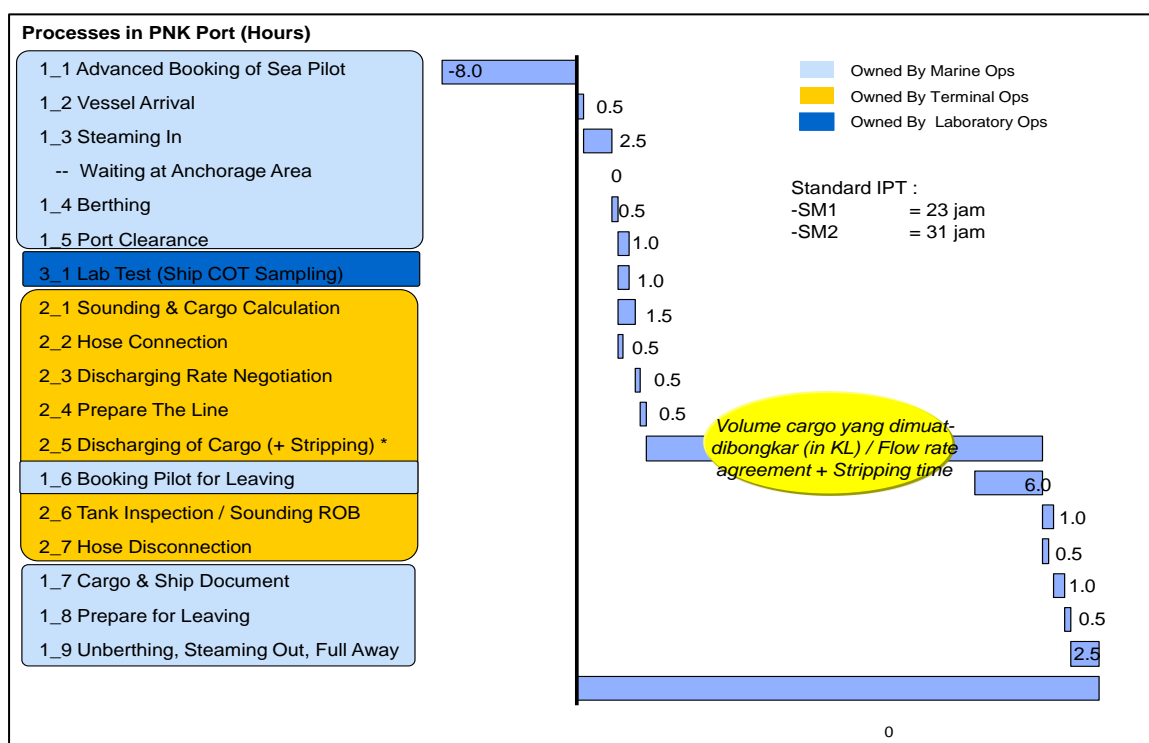
Realisasi data *voyage* digunakan dengan sesuai dengan atribut masing-masing untuk mengukur kinerja dalam sistem. Ringkasan proses, distribusi, dan standar deviasi dari masing-masing proses yang ada di PT. X dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Distribusi Proses pada Sistem Transportasi Laut

No	Proses	Mean	Standar Deviasi	Ukuran Unit Awal
1	Efisiensi Pengangkutan	45.51	14.56	KL/Hours
2	Kecepatan Kapal	11.72	4.95	Knots
3	Load factor	87.38	11.03	Percent
4	Congestion	14.47	9.98	Hours
5	Ketersediaan fasilitas pelabuhan	0.84	1.32	Hours
6	Ketersediaan fasilitas bongkar muat	0.54	0.55	Hours
7	Kinerja pompa	358.82	89.98	KL/Hour
8	Proses administratif	1.39	5.47	Hours
9	Efektivitas perencanaan	3.33	1.60	Hours
10	Ketersediaan tenaga kerja	3.10	1.98	Hours
11	Kondisi kapal	1.16	0.98	Hours

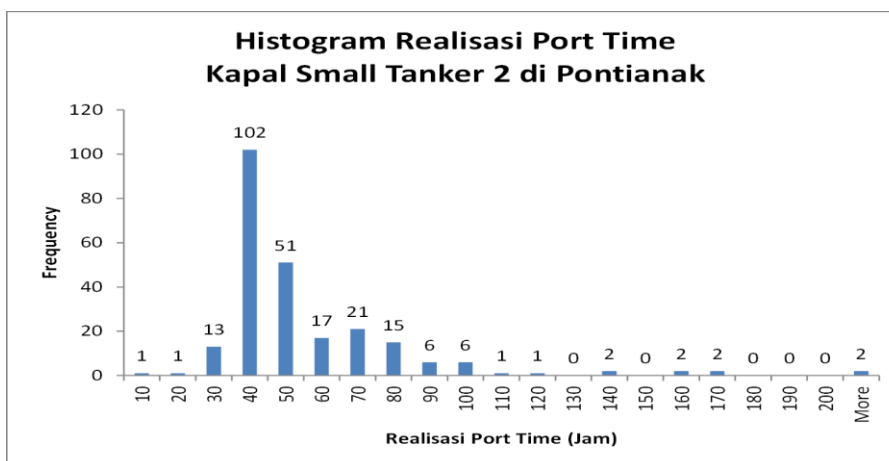
Gambar 4.10 merupakan contoh proses standar dan waktu eksekusi aktivitas *discharge* muatan untuk kapal tipe Small Tanker 2 di pelabuhan X. Dari gambar tersebut, dapat diketahui bahwa untuk tipe kapal Small Tanker 2, pelabuhan X menetapkan standar *port time* selama 31 jam. *Port time* merupakan total waktu yang diperlukan kapal untuk

menyelesaikan seluruh rangkaian prosesnya di pelabuhan. *Port time* diukur mulai dari saat kapal tiba di pelabuhan sampai meninggalkan pelabuhan. Selain standar secara kumulatif berdasarkan indikator *port time*, setiap pelabuhan X juga menetapkan standar waktu yang berbeda-beda untuk setiap proses. Sebagai contoh, standar waktu untuk aktivitas *steaming in* kapal tipe Small Tanker 2 di X adalah selama 2.5 jam. Untuk tipe kapal yang sama, pelabuhan X menetapkan standar waktu selama 0.5 jam untuk aktivitas *berthing*. Aktivitas *berthing* baru dapat dilaksanakan setelah aktivitas *steaming in* selesai. Sementara itu, aktivitas *port clearance*, *laboratorium test*, dan *sounding cargo* dapat dilakukan secara paralel.



Gambar 4.10 Standard Proses dan Waktu Eksekusi Aktifitas Discharge Kapal S II di Port X

Data realisasi pada Gambar 4.11 menunjukkan tingginya *port time* di wilayah pelabuhan X. Lamanya antrian kapal tipe *small tanker* I selama 40 Jam terjadi sebanyak 102 kali.



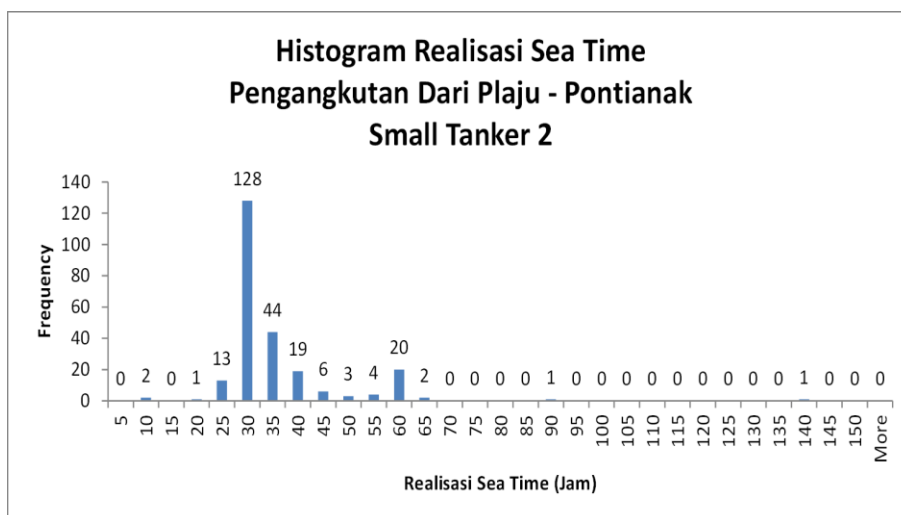
Gambar 4.11 Distribusi Port Time Small Tanker 2 di PT X

Data statistik deskriptif terkait realisasi *port time* kapal tipe Small Tanker 1 di PT X dapat dilihat pada Tabel 4.10. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata *port time* untuk kapal tipe Small Tanker 2 di pelabuhan X adalah selama 50.9 jam.

Tabel 4.10 Statistik Deskriptif Realisasi Port Time Small Tanker 2 di X

Item	Nilai (Jam)
Mean	50.9
Standard Error	1.9
Median	41.0
Mode	38.6
Standard Deviation	29.0
Sample Variance	839.4
Kurtosis	14.5
Skewness	3.3
Range	236.4
Minimum	7.1
Maximum	243.5
Sum	12,368.7
Count	243.0
Confidence Level (95.0%)	3.7

Selain *port time*, salah satu tahap utama dari rangkaian pengangkutan laut adalah proses *sailing at sea*. Pada penelitian ini, analisis terhadap *sailing time* dilakukan dengan menggunakan data pengangkutan kapal tipe Small Tanker 2 dari Port Y menuju X. Rentang data yang digunakan sama dengan yang digunakan untuk melakukan analisis terhadap *port time*, yaitu mulai dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2013. Histogram dari realisasi *sea time* kapal tipe Small Tanker 2 dari Port Y ke X dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Realisasi Sea Time Kapal Tipe *Small Tanker* II dari Plaju ke X

Berdasarkan Gambar 4.12, dapat diketahui bahwa konsentrasi terbesar dari *sea time* kapal-kapal tipe *Small Tanker* 2 yang dimanfaatkan oleh PT X untuk mengangkut cargo White Oil dari Port Y menuju X ada di *range* waktu 30 – 35 jam. Data statistik deskriptif untuk realisasi *sea time* kapal tipe *Small Tanker* 2 dari Plaju menuju X mulai dari tahun 2010 sampai dengan 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Statistik Deskriptif Realisasi *Sea Time* Kapal *Small Tanker* 2 dari Plaju ke X

Item	Nilai (Jam)
Mean	34
Standard Error	1
Median	30
Mode	29
Standard Deviation	12
Sample Variance	156
Kurtosis	21
Skewness	3
Range	133
Minimum	6
Maximum	139
Sum	8,275
Count	244
Confidence Level (95.0%)	2

Berdasarkan data statistik deskriptif yang terdapat pada Tabel 4.11, rata-rata *sailing time* untuk kapal tipe *Small Tanker* 2 dari Plaju menuju X adalah sebesar 34 jam. Apabila kecepatan standar kapal tipe *Small Tanker* 2 adalah 10 knots dan jarak antara Plaju ke X adalah 360 Nautical Miles, maka standar *sailing time* kapal tipe *Small Tanker* 2 dari Plaju ke X adalah 36 jam. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa rata-rata

realisasi *sailing time* kapal tipe Small Tanker 2 di sistem pengangkutan eksisting telah dapat memenuhi waktu standar.

4.4.1.4 Model Kedatangan Kapal di PT X

Tujuan dari disusunnya model kedatangan kapal adalah untuk memprediksi jumlah kapal yang ada di suatu pelabuhan pada satu periode waktu. Sebagaimana penjelasan pada Bab 3, untuk menganalisis pola kedatangan kapal yang cenderung acak, pada penelitian ini akan dilakukan penyusunan model kedatangan kapal berbasis teori antrian dengan menggunakan fungsi Poisson (Tadashi, 2003). Kemungkinan kedatangan kapal sejumlah n selama periode waktu tertentu dapat dituliskan ke dalam persamaan 4.1.

$$P_n = \frac{(\lambda)^n}{n!} e^{-\lambda} \dots\dots\dots (4.7)$$

Nomenklatur:

- P_n : *Probability kedatangan kapal sejumlah n selama periode waktu tertentu*
- λ : *Rata-rata kedatangan kapal selama periode waktu tertentu*
- e : *Base of the natular logarithm ($e=2.71828$)*
- λ_n : *Rata-rata kedatangan n kapal*
- $n!$: *Faktorial dari jumlah kapal*

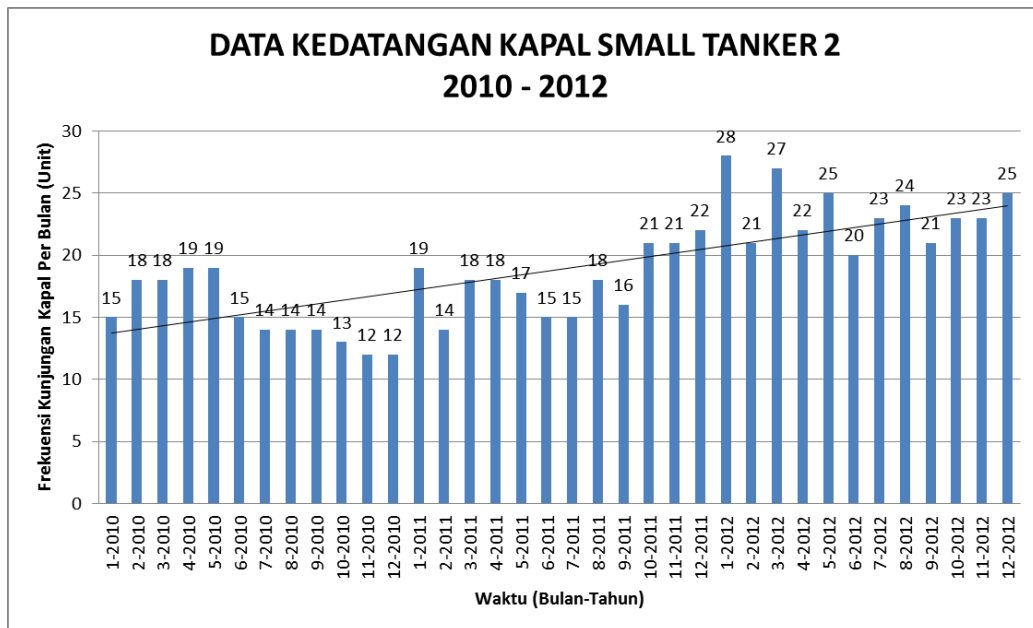
Dengan memanfaatkan persamaan tersebut, maka frekuensi kedatangan kapal sejumlah n selama waktu T dapat dirumuskan dengan formula 4.2.

$$F_n = T \cdot P_n \dots\dots\dots (4.8)$$

Nomenklatur:

- F_n : *Frekuensi adanya kapal sejumlah n selama waktu T*
- T : *Periode waktu*
- P_n : *Probability kedatangan kapal sejumlah n selama periode waktu tertentu*

Data *call* per bulan kapal tipe Small Tanker 2 yang dikumpulkan di *portX* mulai dari tahun 2010 sampai dengan 2013 adalah sebagaimana yang terdapat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Realisasi Kedatangan Kapal *Small Tanker* II di X

Sementara itu, statistik deskriptif data kedatangan kapal Small Tanker 2 per hari di X dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Statistik Deskriptif Kedatangan Kapal Small Tanker 2 di PT. X Per Hari

Item	Nilai (Jam)
Mean	0.62
Standard Error	0.02
Median	0.50
Mode	-
Standard Deviation	0.71
Sample Variance	0.50
Kurtosis	0.44
Skewness	0.91
Range	4.00
Minimum	-
Maximum	4.00
Sum	679.00
Count	1,096.00
Confidence Level (95.0%)	0.04

Berdasarkan Tabel 4.12, dapat diketahui bahwa rata-rata kedatangan kapal tipe Small Tanker 2 per hari di X (λ) adalah sebesar 0.62 kapal. Untuk selanjutnya, distribusi teoritis kedatangan kapal dihitung dengan memanfaatkan data rata-rata kedatangan kapal dan persamaan Poisson. Tabel 4.13 menunjukkan hasil perhitungan distribusi berdasarkan

formula Poisson yang dibandingkan dengan data aktual kedatangan kapal tipe Small Tanker 2 di X mulai dari tahun 2010 sampai dengan 2013.

Tabel 4.13 Perbandingan Antara Prediksi dan Realisasi Distribusi Kedatangan Kapal *Small Tanker II* di X Dalam Waktu Tiga Tahun

<i>Arrival Rate (Ships/Day)</i>	<i>Simulated Number of Days (A)</i>	<i>Actual Number of Days (B)</i>	<i>Minimum (A) or (B)</i>
0	590	548	548
1	365	429	365
2	113	108	108
3	23	10	10
4	4	1	1
5	0	0	0
Total	1095	1096	1032

Berdasarkan Tabel 4.13, dapat diketahui bahwa nilai minimal antara prediksi dan realisasi ada pada 1032 hari dari 1096 hari atau 94%. Selanjutnya, Chi-square digunakan untuk memvalidasi akurasi prediksi frekuensi kedatangan kapal dibandingkan frekuensi aktual. Hasil komputasi menunjukkan *probability* sebesar 0.000193007. Secara umum, hasil di bawah 0.05 dapat dikatakan signifikan sehingga *probability* yang dihasilkan merupakan sangat signifikan. Dari perbandingan tersebut dapat diketahui bahwa model prediksi kedatangan kapal yang ada memiliki akurasi tinggi apabila dibandingkan dengan kondisi nyata. Oleh karena itu, model yang ada dapat dimanfaatkan pada tahap selanjutnya untuk memprediksi pola kedatangan kapal di masa yang akan datang.

4.4.2 Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Tujuan Sistem

4.4.2.1 Model Regresi Linear

Pada penelitian ini, model berbasis regresi linear akan digunakan untuk menguji hubungan antara beberapa kandidat faktor terhadap produktivitas pengangkutan. Berdasarkan penjelasan yang terdapat pada Bab 3, daftar kandidat faktor yang akan diuji pengaruhnya terhadap produktivitas pengangkutan laut adalah:

1. Kecepatan Kapal
2. *Load Factor*
3. *Congestion*
4. *Availability of marine facilities*
5. *Availability of loading and discharge facilities*

6. *Pumping performance*
7. *Administrative process*
8. *Planning effectiveness*
9. *Environment condition*
10. *Availability of human resource*
11. *Vessel condition*

Berdasarkan metodologi yang terdapat pada Bab 3, secara umum persamaan dari model regresi linear beserta beberapa kandidat *independent variables* adalah sebagai berikut:

$$Y = aX1 + bX2 + cX3 + dX4 + eX5 + fX6 + gX7 + hX8 + iX9 + jX10 + kX11 + lX12 + m \dots\dots\dots (4.9)$$

Nomenklatur:

Y : Produktivitas pengangkutan	X7 : <i>Administrative process</i>
X1 : Kecepatan kapal	X8 : <i>Planning effectiveness</i>
X2 : <i>Load factor</i>	X9 : <i>Environment condition</i>
X3 : <i>Congestion</i>	X10 : <i>Availability of human resource</i>
X4 : <i>Availability of marine facilities</i>	X11 : <i>Vessel condition</i>
X5 : <i>Availability of loading and discharging facilities</i>	k : <i>Intercept</i>
X6 : <i>Pumping performance</i>	a – l : <i>Coefficients</i>

4.4.2.2 Analisis Statistik dan Uji Signifikansi Model

Model hubungan antara produktivitas pengangkutan dengan beberapa kandidat faktor tersebut diuji dengan menggunakan data operasional pengangkutan yang dikumpulkan dari PT X mulai dari tahun 2010 sampai dengan 2014. Indikator dan metode yang digunakan untuk mengetahui signifikansi pengaruh dari beberapa kandidat faktor, baik secara bersama-sama maupun secara terpisah, terhadap produktivitas pengangkutan adalah koefisien determinasi, koefisien korelasi, uji signifikansi, dan analisis *effect size* dari masing-masing faktor.

Hasil *running* model dengan menggunakan perangkat lunak SPSS dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.878 ^a	.771	.758	145.21121

a. Predictors: (Constant), CONGESTION, PLANNING_EFFECTIVENESS, VESSEL_CONDITION, SPEED, HUMAN_RESOURCE, ENVIRONMENT_CONDITION, MARINE_FACILITIES, LOADFACTOR, PUMPING, ADMINISTRATIVE_PROCESS, DISCHARGE_FACILITY

Gambar 4.14 *Model Summary* Hasil Running Persamaan Regresi Linear

Berdasarkan *model summary* yang terdapat pada Gambar 4.14, dapat diketahui bahwa korelasi antara *dependent variable* atau produktivitas pengangkutan dengan *independent variables* adalah sebesar 0.878 dimana hal ini menandakan adanya hubungan korelasi positif yang sangat erat. Selain itu, dari Gambar 4.14 juga dapat diketahui bahwa variasi dari produktivitas pengangkutan 77% dapat dijelaskan oleh *independent variables*.

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.417E7	11	1287996.227	61.082	.000 ^a
	Residual	4217259.151	200	21086.296		
	Total	1.839E7	211			

a. Predictors: (Constant), CONGESTION, PLANNING_EFFECTIVENESS, VESSEL_CONDITION, SPEED, HUMAN_RESOURCE, ENVIRONMENT_CONDITION, MARINE_FACILITIES, LOADFACTOR, PUMPING, ADMINISTRATIVE_PROCESS, DISCHARGE_FACILITY

Gambar 4.15 Tabel ANOVA Hasil Running Persamaan Regresi Linear

Dari Tabel ANOVA yang terdapat pada Gambar 4.15, dapat diketahui bahwa model yang dibangun secara statistik memiliki signifikansi yang tinggi dalam memprediksi *outcome variable*. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai *p* yang berada di bawah 0.05.

Sementara itu, hasil analisis pengaruh dari masing-masing faktor terhadap produktivitas pengangkutan laut dapat dilihat pada tabel koefisien yang terdapat pada Gambar 4.16.

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	1092.859	138.537		.000
	SPEED	1.849	2.060	.031	.370
	DISCHARGE_FACILITY	-6.218	23.145	-.036	.788
	LOADFACTOR	2.312	1.047	.082	.028
	PUMPING	-3.318	.612	-.231	.000
	MARINE_FACILITIES	-1.015	13.443	-.003	.940
	VESSEL_CONDITION	-4.765	9.781	-.017	.627
	ADMINISTRATIVE_PROCESS	-1.803	19.266	-.011	.926
	PLANNING_EFFECTIVENESS	1.690	1.121	.051	.133
	ENVIRONMENT_CONDITION	1.603	24.363	.009	.948
	HUMAN_RESOURCE	-4.997	8.249	-.021	.545
	CONGESTION	-38.228	2.308	-.720	.000

a. Dependent Variable: PRODUCTIVITY

Gambar 4.16 Koefisien Hubungan Produktivitas Pengangkutan dengan *Independent Variables*

Berdasarkan tabel koefisien yang terdapat pada Gambar 4.16, dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap produktivitas pengangkutan laut adalah:

- a. *Congestion*
- b. *Pumping*
- c. *Load Factor*

Kesimpulan tersebut diperoleh dari nilai *p* dari variable-variabel tersebut yang berada di bawah 0.05. Urutan *effect size* dari beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas pengangkutan dapat dilihat pada Tabel 4.14. Berdasarkan Tabel 4.14, dapat diketahui bahwa variable *Congestion* memiliki effect size paling tinggi, yaitu -0.72. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa peningkatan *Congestion* sebesar satu unit akan berpengaruh terhadap turunnya produktivitas pengangkutan sebesar 0.7 dua unit. Di urutan yang kedua, *slow pumping* sebesar satu unit akan berdampak terhadap turunnya produktivitas pengangkutan sebesar 0.23 unit. Setelah itu, peningkatan *Load Factor* sebesar satu unit akan berdampak pada peningkatan produktivitas pengangkutan sebesar 0.08 unit.

Tabel 4.14 *Effect Size* Variabel-Variabel yang Mempengaruhi Produktivitas Pengangkutan Laut

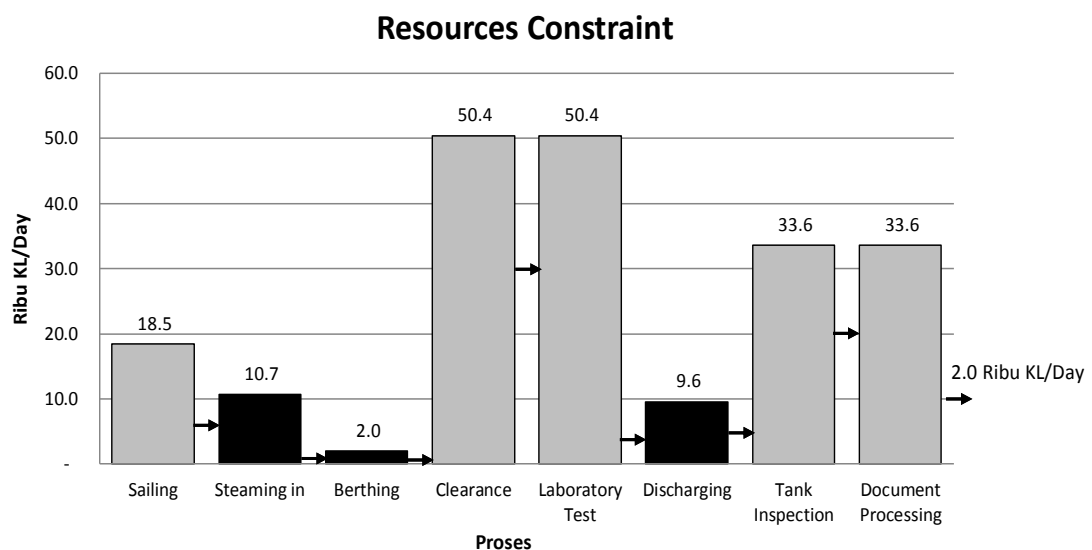
Ranking	Faktor	Effect Size	Keterangan
1	<i>Congestion</i>	-0.72	Kenaikan <i>congestion</i> sebesar satu unit akan berdampak pada penurunan produktivitas

Ranking	Faktor	Effect Size	Keterangan
			pengangkutan sebesar 0.72 unit
2	<i>Pumping</i>	-0.23	Penurunan <i>pumping performance</i> sebesar satu unit akan berdampak pada turunnyaproduktivitas pengangkutan sebesar 0.23 unit .
3	<i>Load Factor</i>	0.08	Adanya kenaikan <i>load factor</i> sebesar satu unit akan meningkatkan efisiensi pengangkutan sebesar 0.08 unit

4.4.3 Identifikasi *Constraint* dari Sistem Transportasi Laut

4.4.3.1 Identifikasi *Constraint* Berbasis *Process Map*

Berdasarkan hasil pengolahan data, *process map* dari sistem transportasi laut yang terdapat di PT. X yang dituangkan dalam *unit of measure* yang standar dapat digambarkan sebagaimana yang terdapat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Hasil Pengolahan *Process Map* Sistem Transportasi Laut di PT. X

Berdasarkan *process map* pada Gambar 4.17, *jetty* yang terdapat di PT X hanya dapat menangani cargo sebanyak 2.016 KL/hari. Sementara itu, pompa kargo di PT. X hanya dapat menangani kargo sebanyak 9.600 KL/hari. Dengan *draft* pelabuhan sedalam 4,5 Meter, sistem di PT. X hanya dapat menangani muatan sebanyak 10,739 KL/Hari. Oleh karena itu, berdasarkan *process map* dapat diketahui bahwa tiga *constraint* utama

yang membatasi kinerja sistem transportasi laut di PT. X secara berurutan adalah kapasitas *jetty*, kapasitas pompa, dan *draft* pelabuhan.

4.4.3.2 Identifikasi *Constraint* Berbasis *Cost-Utilization Diagram*

Selain berbasis *process map*, sebagaimana penjelasan yang disampaikan pada Bab 3, pada penelitian ini identifikasi *constraint* juga akan dilakukan dengan mengadopsi metode *Cost/Utilization Diagram* yang diusulkan oleh Ronen dan Spector (1992). Input dari kegiatan *load analysis* adalah himpunan *system's resources* beserta data operasional dan data biayanya. Mengingat sistem transportasi laut merupakan sistem yang kompleks dimana terdapat banyak *resources* di dalamnya, pada penelitian ini *resources* yang akan dianalisis adalah *resources* untuk faktor-faktor yang terbukti berpengaruh signifikan terhadap produktivitas pengangkutan.

Berdasarkan hasil dari tahap sebelumnya, pemetaan antara faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap produktivitas angkutan laut beserta sumber dayanya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Pemetaan Faktor Dominan Yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Pengangkutan Beserta Sumber Daya Terkait

Faktor	Effect Size	Sumber Daya Terkait
<i>Congestion</i>	-0.72	Kapasitas Jetty
<i>Pumping</i>	-0.23	Kapasitas Cargo Pump
<i>Load Factor</i>	0.08	Port Draft

Setelah sumber daya dari faktor-faktor dominan yang mempengaruhi produktivitas pengangkutan berhasil diidentifikasi, tahap selanjutnya yang perlu dilakukan untuk menyusun *cost/utilization diagram* adalah mengumpulkan data biaya dan utilisasi dari sumber daya tersebut. Data biaya dan utilisasi dari sumber daya yang digunakan bersumber dari data operasional pengangkutan kapal tipe Small Tanker 2 di port X mulai dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2014.

Sebagaimana konsep dari Ronen dan Spector (1991), biaya pada *cost/utilization diagram* diukur dari harga yang harus dibayarkan oleh perusahaan apabila menambah sumber daya pada kapasitas yang sama. Biaya tersebut pada penelitian ini akan disajikan dalam bentuk proporsi terhadap total biaya dari sumber daya yang berpengaruh signifikan

terhadap produktivitas pengangkutan. Berdasarkan hal ini, data biaya dari sumber daya yang ada dapat dituliskan ke dalam Tabel 4.16 sebagai berikut.

Tabel 4.16 Data Biaya Sumber Daya

Sumber Daya Terkait	Biaya (%)
Kapasitas Jetty	47
Kapasitas Cargo Pump	17
Port Draft	36

Untuk utilisasi, pengukuran dilakukan dengan membandingkan *demand* terhadap sumber daya dibandingkan dengan kapasitas sumber daya. Pada *jetty*, utilisasi dihitung dengan menggunakan *jetty occupancy rate* dengan rumus sebagaimana berikut:

$$Jetty\ Occupancy = \frac{Jumlah\ Kedatangan\ Kapal\ Selama\ 1\ Tahun}{Jumlah\ Kapal\ yang\ Dapat\ Dilayani\ Per\ Jetty\ setiap\ Hari \times Jumlah\ Jetty \times 365} \times 100$$

..... (4.10)

Dengan menggunakan formula tersebut, maka dapat diketahui bahwa utilisasi dari jetty di Port X saat ini adalah sebesar 88%. Hasil perhitungan dan parameter yang berhubungan dengan perhitungan *jetty occupancy rate* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Jetty Occupancy Rate Terakhir di Port X

Variabel	Nilai
<i>Jetty Occupancy Rate</i>	88%
Jumlah kedatangan kapal dalam 1 tahun	306
Waktu pelayanan jetty untuk 1 kapal Small Tanker 2	16.71
Jumlah kapal Small Tanker 2 yang dapat dilayani 1 jetty dalam 1 hari	0.48
Jumlah Jetty	2
Jumlah hari dalam satu tahun	365

Untuk *cargo pump*, utilisasi dihitung dengan membandingkan rata-rata *pumping rate* aktual dengan kapasitas *pumping rate* yang ada di Port X. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa utilisasi *cargo pump* pada Port X adalah sebesar 56% dengan detail sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Utilisasi Cargo Pump di Pelabuhan X

Variabel	Nilai
Utilisasi <i>Cargo Pump</i>	56%
Kapasitas <i>Cargo Pump</i>	400
Rata-rata <i>Pumping Rate</i> Aktual	224.76

Sementara itu, utilisasi *port draft* dihitung dengan membandingkan realisasi kedalaman kapal aktual ketika bongkar di pelabuhan X dengan *port draft* yang ada di pelabuhan tersebut. Kedalaman kapal diukur dengan menggunakan konsep *Tonnes Per Centimetre (TPC)*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa utilisasi *port draft* di pelabuhan X adalah sebesar 79%. Detail perhitungan adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Utilisasi *Port Draft* di Pelabuhan X

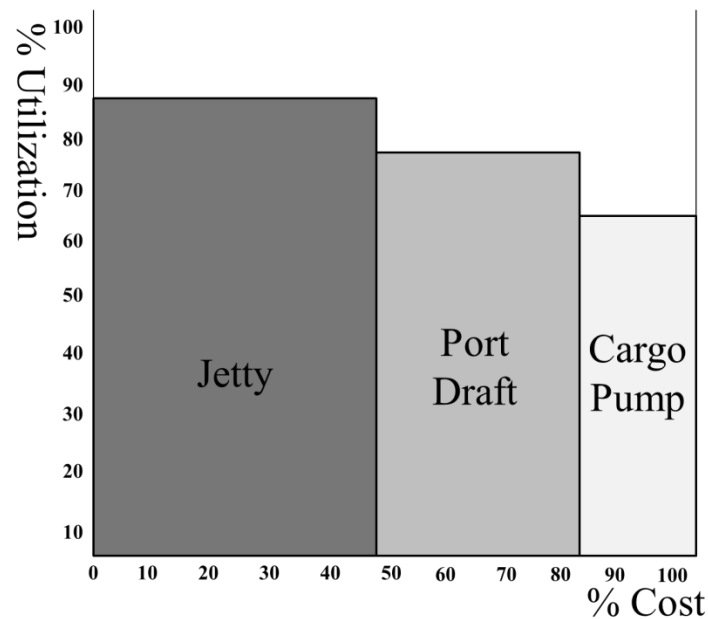
Variabel	Nilai
Utilisasi Draft	79%
Draft Pelabuhan X	4.50
Rata-Rata Kedalaman Kapal untuk Aktivitas Bongkar	3.57

Secara lengkap, data utilisasi dari seluruh sumber daya yang dominan mempengaruhi produktivitas pengangkutan dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Data Utilisasi Sumber Daya

Sumber Daya	Utilisasi
Jetty	88%
Cargo Pump	56%
Port Draft	79%

Berdasarkan data biaya dan utilisasi, maka diagram *cost-utilization* dari sumber daya yang ada adalah sebagaimana yang terdapat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Diagram Cost/Utilization Sumber Daya Sistem Pengangkutan Laut PT X

4.4.4 Kondisi Eksisting *Constraint* Sistem Transportasi Laut di PT. X

Setelah *constraint* yang terdapat pada Sistem Transportasi Laut di PT. X berhasil diidentifikasi, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan observasi mengenai kondisi umum dari *constraint* yang ada saat ini. Sub bab ini berisi penjelasan deskriptif mengenai kondisi *constraint* yang ada di sistem pengangkutan laut PT. X

4.4.4.1 Kondisi Kapasitas Jetty Eksisting di Pelabuhan X

Kondisi eksisting dari depot dan *port* yang terdapat pada studi kasus penelitian ini adalah sebagaimana yang terdapat pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20.

Kode Depot	: F409
Nama Depot	: TBBM Pontianak
Wilayah Operasi	: Kodya Pontianak, Kab. Pontianak-Kubu Raya-Sambas-Landak-Sanggau- Ketapang, Kota Singkawang
Alamat	: Jl. Khatulistiwa, N0. 282, Kodya Pontianak, Kalimantan Barat – 78243 (HGB-HM-HP)
Telp	: 0561 – 881040
Luas Lahan	: 45.53 Meter Persegi
Tahun dibangun	: 10-Dec-1963
Tahun dioperasikan	: 10-Dec-1975

Gambar 4.19 Deskripsi Depot

No.	Nama Dermaga	Kap. DWT (Meter)	Panjang Jetty (Meter)	Lebar Jetty (Meter)	Jumlah Breast Dolphin	Ukuran Breast Dolphin	Jumlah Mooring Post	Jumlah Trestle	Panjang Trestle	Line Discharge	Produk	Diameter	Pressure Max	Flowrate Max	Bongkar Simultan
1.	1	3,500	30	2	4	3.7 M x 3,8 M	4	2	22	Dari dermaga 1 menuju area tangki timbu	Premium-8 inch Solar-8 inch Avtur-8 inch MFO-6 inch Kerosene	8	6	400	Bisa (All Product)
2.	2	3,500	42	4	2	3.7 M x 3,8 M	4	2	18	Line pipa digunakan untuk discharge-8 inch (produk P,K,S) dan loading-4 inch (produk P,K,S dan MFO)	MFO Premium Solar Kerosene	8	3	400	Bisa (P,K,S)
3.	3	900	16.8	5	2	1.76 M x 1.76 M	1	1	1	Penyaluran/backloading produk P,K,S diameter pipa 6 inch dan di-reducer untuk meter arus diameter 3 inch	Premium Kerosene Solar (2 line pipa @produk total 6 line)	6	3	100	Ya

Gambar 4.20 Kondisi Eksisting Jetty di Pelabuhan X

Adapun data *demand* produk dan *supply* alat angkut yang terdapat pada pelabuhan X dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan Tabel 4.22.

Tabel 4.21 Average Daily of Throughput dan *Safe Capacity*

Item	Volume (Kilo Liter)
Daily of Throughput Premium	1,344.00
Daily of Throughput Solar	1,415.00
Daily of Throughput Pertamina Plus	15.90
Daily of Throughput Pertamina Dex	3.30
Minimum Stock Level Premium	15,277
Minimum Stock Level Solar	15,110
Minimum Stock Level Pertamina Plus	530
Minimum Stock Level Pertamina Dex	484

Tabel 4.22 Supply Alat Angkut untuk Memenuhi Demand Pengangkutan

Kapal	Tipe Kapal	Kapasitas	Supply Port-1	Supply Port-2	Supply Port-3
A	Small Tanker I	3,800	Tg. Gerem	Tuban	Plaju
B	Small Tanker I	3,800	Tg. Gerem	Tuban	Plaju
C	Small Tanker I	3,800	Tg. Gerem	Tuban	Plaju
D	Small Tanker I	3,800	Tg. Gerem	Tuban	Plaju
E	Small Tanker I	3,800	Tg. Gerem	Tuban	Plaju
F	Small Tanker I	3,800	Tg. Gerem	Tuban	Plaju
G	SPOB	3,800	Tg. Gerem	Tuban	Plaju

Berdasarkan data *demand* produk dan *supply* alat angkut yang ada, saat ini di pelabuhan X terdapat *congestion* dengan data selama satu tahun terakhir sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Data *Congestion*

Bulan	Frekuensi	Total Waktu (Jam)
Januari	10	119
Februari	11	107

Bulan	Frekuensi	Total Waktu (Jam)
Maret	19	188
April	11	121
Mei	8	64
Juni	9	105
Juli	19	274
Agustus	18	409
September	21	267
Oktober	13	157
November	12	106
Desember	9	156
Total	160	2,076

4.4.4.2 Kondisi Port Draft Eksisting di Pelabuhan X

Saat ini, pelabuhan X memiliki *safe draft* sedalam 4.5 Meter untuk jetty dengan kapasitas kapal 3,500 LTDW. Sementara itu, hasil pengumpulan data untuk kapal-kapal yang dioperasikan oleh PT. X dengan tipe Small Tanker kapasitas maksimum 3,500 LTDW adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Data Kapal dengan Kapasitas 3,500 LTDW yang Dioperasikan PT. X

Kapal	DWT	COT	Draft Kapal	Draft Pelabuhan	Melebihi Kapasitas Draft Pelabuhan
Vessel 1	3,203 MT	3,750 M3	5.0	4.5	Ya
Vessel 2	2,076 MT	2,049 M3	4.8	4.5	Ya
Vessel 3	1,918 MT	2,106 M3	4.7	4.5	Ya
Vessel 4	2,838 MT	3,278 M3	5.6	4.5	Ya
Vessel 5	3,565 MT	4,437 M3	5.0	4.5	Ya
Vessel 6	3,545 MT	4,372 M3	5.0	4.5	Ya
Vessel 7	3,500 MT	3,790 M3	4.3	4.5	Tidak
Vessel 8	3,502 MT	4,504 M3	5.0	4.5	Ya
Vessel 9	3,502 MT	4,504 M3	5.0	4.5	Ya
Vessel 10	2,527 MT	2,712 M3	5.0	4.5	Ya
Vessel 11	1,925 MT	2,200 M3	4.6	4.5	Ya
Vessel 12	2,935 MT	2,988 M3	5.7	4.5	Ya
Vessel 13	3,500 MT	4,110 M3	4.3	4.5	Tidak
Vessel 14	2,990 MT	3,300 M3	5.7	4.5	Ya
Vessel 15	3,570 MT	4,373 M3	5.0	4.5	Ya
Vessel 16	3,360 MT	3,854 M3	5.6	4.5	Ya
Vessel 17	3,560 MT	4,610 M3	5.0	4.5	Ya
Vessel 18	2,235 MT	2,399 M3	5.1	4.5	Ya
Vessel 19	3,486 MT	3,699 M3	6.0	4.5	Ya
Vessel 20	3,390 MT	3,718 M3	5.5	4.5	Ya
Vessel 21	3,500 MT	3,600 M3	4.3	4.5	Tidak

Kapal	DWT	COT	Draft Kapal	Draft Pelabuhan	Melebihi Kapasitas Draft Pelabuhan
Vessel 22	3,300 MT	3,798 M3	5.3	4.5	Ya
Vessel 23	2,830 MT	3,185 M3	5.7	4.5	Ya
Vessel 24	3,486 MT	3,699 M3	6.0	4.5	Ya
Vessel 25	3,000 MT	3,750 M3	4.3	4.5	Tidak
Vessel 26	3,794 MT	4,303 M3	6.4	4.5	Ya

Dari Tabel 4.24, dapat diketahui bahwa dari kapal-kapal di bawah 3,500 LTDW yang dioperasikan oleh PT. X, 85% diantaranya memiliki *summer draft* di atas limitasi *draft* pelabuhan. Berdasarkan hal tersebut, apabila kapal tersebut hendak bongkar di pelabuhan X, maka ruang muat kapal tidak dapat didayagunakan seutuhnya.

Hasil penghitungan tidak optimalnyautilisasi ruang muat akibat *port draft limitation* dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Ruang Muat Tidak Terutilisasi akibat Draft Limitation

Indikator	2010	2011	2012	Rata-rata
Throughput (KL)	803,050	915,607	1,026,602	915,086
Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (KL)	189,393	183,630	172,725	181,916
Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (%)	24%	20%	17%	20%

Dari Tabel 4.25 dapat diketahui bahwa secara rata-rata pada saat ini ruang muat kapal yang tidak terutilisasi akibat adanya *draft limitation* adalah sebesar 20% terhadap *throughput*.

4.4.4.3 Kondisi *Cargo Pump* Eksisting di Pelabuhan X

Saat ini, pelabuhan X memiliki *cargo pump* dengan *flow rate* sedalam 400 KL/Jam untuk kapal dengan kapasitas kapal 3,500 LTDW. Sementara itu, hasil pengumpulan data untuk kapal-kapal yang dioperasikan oleh PT. X dengan tipe Small Tanker kapasitas maksimum 3,500 LTDW adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Data *Cargo Pump* untuk Kapal dengan Bobot Kurang Lebih 3,500 LTDW yang Dioperasikan PT. X

Kapal	Flow Rate Kapal (KL/Jam)	Flow Rate Pelabuhan (KL/Jam)	Melebihi Flow Rate Pelabuhan
Vessel 1	400.0	400	Tidak

Kapal	Flow Rate Kapal (KL/Jam)	Flow Rate Pelabuhan (KL/Jam)	Melebihi Flow Rate Pelabuhan
Vessel 2	300.0	400	Tidak
Vessel 3	300.0	400	Tidak
Vessel 4	400.0	400	Tidak
Vessel 5	600.0	400	Ya
Vessel 6	400.0	400	Tidak
Vessel 7	400.0	400	Tidak
Vessel 8	450.0	400	Ya
Vessel 9	450.0	400	Ya
Vessel 10	300.0	400	Tidak
Vessel 11	300.0	400	Tidak
Vessel 12	300.0	400	Tidak
Vessel 13	400.0	400	Tidak
Vessel 14	400.0	400	Tidak
Vessel 15	550.0	400	Ya
Vessel 16	500.0	400	Ya
Vessel 17	750.0	400	Ya
Vessel 18	300.0	400	Tidak
Vessel 19	300.0	400	Tidak
Vessel 20	400.0	400	Tidak
Vessel 21	400.0	400	Tidak
Vessel 22	300.0	400	Tidak
Vessel 23	400.0	400	Tidak
Vessel 24	300.0	400	Tidak
Vessel 25	500.0	400	Ya
Vessel 26	400.0	400	Tidak
Vessel 27	400.0	400	Tidak
Vessel 28	500.0	400	Ya
Vessel 29	420.0	400	Ya
Vessel 30	600.0	400	Ya
Vessel 31	500.0	400	Ya
Vessel 32	500.0	400	Ya
Vessel 33	450.0	400	Ya
Vessel 34	600.0	400	Ya
Vessel 35	600.0	400	Ya
Vessel 36	150.0	400	Ya
Vessel 37	450.0	400	Ya
Vessel 38	700.0	400	Ya
Vessel 39	300.0	400	Ya

Dari Tabel 4.26, dapat diketahui bahwa dari kapal-kapal dengan bobot kurang lebih 3,500 LTDW yang dioperasikan oleh PT. X, 49% diantaranya memiliki kapasitas pompa bongkardi atas limitasi *flow rate* pelabuhan. Berdasarkan hal tersebut, apabila kapal

tersebut hendak bongkar di pelabuhan X, maka kapasitas bongkar kapal tidak dapat didayagunakan sampai pada kapasitas optimalnya. Dampak dari tidak optimalnya utilisasi kapasitas pompa kapal tersebut adalah diperlukannya *port time* yang lebih lama, sehingga pada akhirnya menyebabkan jumlah tonase yang diperlukan untuk memenuhi *demand* pengangkutan menjadi lebih besar. Dari aspek biaya, kondisi tersebut akan menyebabkan *operating expense* PT. X menjadi lebih tinggi.

Hasil penghitungan dampak dari tidak optimalnya pemanfaatan tonase akibat keterbatasan pompa darat dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Ruang Muat Tidak Terutilisasi akibat Keterbatasan Pompa Darat

Indikator	2,010	2,011	2,012	Rata-Rata
Throughput (KL)	803,050	915,607	1,026,602	915,086
Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (KL)	69,242	140,156	221,614	143,671
Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (% Throughput)	9%	15%	22%	15%

Dari Tabel 4.27 dapat diketahui bahwa secara rata-rata tonase yang tidak optimal akibat adanya keterbatasan pompa darat adalah sebesar 15% dari *throughput*.

Berdasarkan tahap penentuan ukuran kinerja yang telah dilakukan sebelumnya, indikator operasional akan diukur dengan indikator TOC berupa *Throughput*, *Inventory*, *Operating Expense*, dan *Productivity Ratio*. Berikut adalah hasil perhitungan dari masing-masing ukuran kinerja tersebut:

4.4.5 Analisis Dampak Dari *Constraint* Terhadap Kinerja Sistem Transportasi Laut di PT. X

Keberadaan *constraint jetty*, *port draft*, dan *cargo pump* berdampak pada tidak optimalnya kinerja sistem pengangkutan yang terdapat pada PT. X. Sub bab ini berisi hasil analisis dampak dari adanya *constraint* terhadap kinerja operasional sistem transportasi laut PT. X yang diukur dengan menggunakan indikator *Throughput*, *Operating Expense*, *Productivity Ratio*, dan *Inventory*.

4.4.5.1 *Throughput*

Sesuai penjelasan pada bagian penentuan *performance measurement*, *Throughput* didefinisikan sebagai volume muatan yang terangkut pada satu periode waktu. Pada kondisi eksisting, volume muatan yang diangkut dengan kapal adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 *Throughput* Pengangkutan

Throughput	2010	2011	2012	2013
<i>Throughput</i> Tahunan (KL)	803,050	915,607	1,026,602	1,058,330
Rata-Rata <i>Throughput</i> Bulanan (KL)	66,921	76,301	85,550	88,194

4.4.5.2 *Operating Expense*

Operating Expense sebelumnya didefinisikan sebagai total biaya yang dikeluarkan untuk mengubah ruang muat kapal dan kapasitas infrastruktur pelabuhan menjadi terdaya guna untuk pengangkutan muatan pada satu periode waktu. Dalam konteks sistem pengangkutan laut yang terdapat pada penelitian ini, *Operating Expense* merupakan seluruh biaya yang dikeluarkan untuk mengangkut muatan selama satu periode waktu. Biaya yang dimaksud mencakup biaya kapal dan biaya infrastruktur pelabuhan. Berikut merupakan formula *Operating Expense*:

$$\text{Operating Expense} = \text{Biaya Kapal} + \text{Biaya Infrastruktur Pelabuhan} \quad \dots\dots\dots (4.11)$$

Perhitungan *Operating Expense* yang terdapat di PT X dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 *Operating Expense* Eksisting di PT. X

	2010	2011	2012	2013
<i>Operating Expense (IDR)</i>	45,643,687,332	55,645,441,357	69,492,361,345	78,848,268,678

4.4.5.3 *Productivity Ratio*

Berdasarkan penjelasan yang terdapat pada bagian sebelumnya, produktivitas sistem pengangkutan laut didefinisikan sebagai perbandingan antara *Throughput* dengan *Operating Expense*. Sehubungan dengan pada penelitian ini *Throughput* pengangkutan tidak dihitung dalam satuan uang, maka rasio tersebut disajikan pada satuan muatan per mata uang. Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka produktivitas sistem

pengangkutan laut yang terdapat di PT. X adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Produktivitas Pengangkutan Eksisting di PT. X

Variabel	2010	2011	2012	2013
<i>Throughput (L)</i>	803,050,132	915,606,912	1,026,602,448	1,058,330,274
<i>Operating Expense (IDR)</i>	45,643,687,332	55,645,441,357	69,492,361,345	78,848,268,678
Produktivitas (L/IDR)	0.01759	0.01645	0.01477	0.01342

4.4.5.4 *Inventory*

Pada bagian sebelumnya, *Inventory* didefinisikan sebagai ruang muat kapal dan infrastruktur pelabuhan yang tidak atau belum terdaya guna selama satu periode waktu. Penerjemahan konsep *Inventory* cukup berbeda untuk perusahaan yang murni mengoperasikan kapal dengan perusahaan yang mengoperasikan kapal sekaligus pelabuhan sebagaimana studi kasus yang terdapat pada penelitian ini. Untuk perusahaan yang murni mengoperasikan kapal, ruang muat dapat dikatakan terdaya guna selama kapal sedang dalam status *on hire* melayani *demand* pengangkutan. Pada umumnya, adanya beberapa inefisiensi seperti *congestion* dan lain sebagainya tidak akan menjadi suatu kerugian bagi perusahaan yang mengoperasikan kapal selama kejadian tersebut tidak disebabkan oleh kesalahan kapal. Sementara itu, pada perusahaan yang mengoperasikan kapal sekaligus pelabuhan, kondisi *congestion* merupakan suatu kerugian karena untuk mengangkut volume *cargo* yang sama perusahaan akan memerlukan lebih banyak kapal.

Berdasarkan hal-hal tersebut, pada penelitian ini konsep utilisasi ruang muat kapal akan disesuaikan dengan keadaan yang terdapat pada studi kasus. Suatu ruang muat kapal didefinisikan terdaya guna seutuhnya apabila kapal digunakan untuk memenuhi *demand* pengangkutan tanpa ada inefisiensi yang disebabkan oleh *congestion*, *dead freight*, maupun *slow pumping*. Berdasarkan hal tersebut, makaperhitungan kapasitas ruang muat kapal dan *inventory* dihitung dengan dengan formula sebagai berikut:

$$Capacity = \sum Ruang Muat Kapal \times Total Periode Waktu \dots\dots\dots (4.12)$$

$$Inventory = \sum Ruang Muat Kapal \times Periode Waktu Tidak Efisien \dots\dots\dots (4.13)$$

Hasil perhitungan kapasitas ruang muat yang terdapat di PT X dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Kapasitas Ruang Muat Kapal Eksisting di PT. X

	2010	2011	2012	2013
Capacity (KL Day)	3,430,797	3,740,879	4,389,634	4,955,120

Sementara itu, hasil perhitungan *Inventory* yang terdapat pada PT. X adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 *Inventory* Ruang Muat Kapal Eksisting di PT. X

	2010	2011	2012	2013
<i>Inventory (KL Day)</i>	820,011	820,186	867,000	1,378,252

Untuk infrastruktur pelabuhan, kapasitas dan *inventory* diukur dengan formula sebagai berikut:

$$Capacity = \sum Volume \text{ Muatan yang Dapat Dilayani Jetty Per Hari } \times \text{Jumlah Jetty} \times \text{Periode} \dots\dots\dots (4.14)$$

$$Inventory = Capacity - Volume \text{ Aktual Pelayanan Muatan Kapal Per Periode} \dots\dots\dots (4.15)$$

Hasil perhitungan kapasitas *jetty* dan *inventori* infrastruktur *jetty* yang terdapat di PT. X dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 *Inventory Jetty* Eksisting di PT. X

Variabel	2010	2011	2012	2013
<i>Inventory (KL Day)</i>	649,162	536,605	425,610	393,882

4.5 Aplikasi Tahap *Exploit the System's Constraint* dan *Subordinate System's Resources* pada TOC

Setelah *constraint* sistem diidentifikasi dan diketahui kondisinya, tahap selanjutnya yang perlu dilakukan berdasarkan kerangka TOC adalah melakukan eskploitasi *constraint* dan *subordinate* sumber daya sistem. Berdasarkan definisi dari Ronen et al (2006), eksploitasi *constraint* merupakan kegiatan mengoptimalkan beberapa sumber daya yang ada agar *performance* dari *constraint* dapat optimal. Dari dimensi efisiensi, eksploitasi

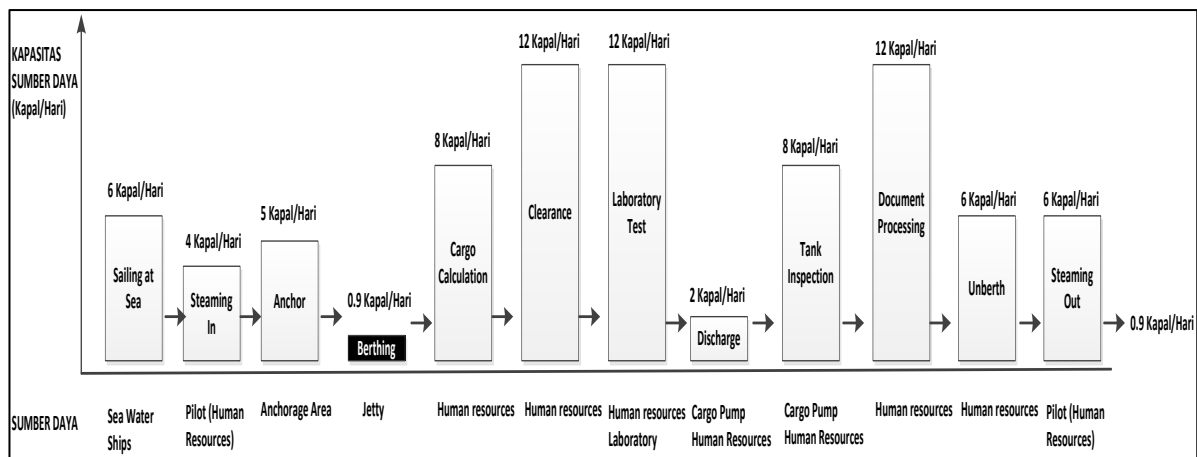
constraint berarti mengoptimalkan utilisasi *resource* yang menjadi *constraint*, sehingga tidak terdapat *idle time*. Apabila ditinjau berdasarkan dimensi efektivitas, eksploitasi *constraint* dapat diartikan sebagai upaya untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dengan melakukan pemilihan *item*, sehingga hanya *demand* yang penting lah yang dilayani oleh *resource constraint*.

Berdasarkan kegiatan observasi yang telah dilakukan, jasa pengangkutan laut yang disediakan oleh PT. X ditujukan untuk semua jenis *demand*. Dalam hal ini, PT. X tidak memiliki kewenangan ataupun opsi untuk melakukan pemilihan *demand* pengangkutan karena layanan yang disediakan oleh PT. X bersifat kewajiban. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini eksploitasi *constraint* akan dilakukan berbasis pada dimensi efisiensi, yaitu dengan melakukan pengaturan sumber daya untuk mengoptimalkan kinerja *constraint*.

Untuk *subordinate system's resource*, Ronen et al mendefinisikannya sebagai pengaturan ulang sumber daya sistem selain *constraint* guna mengoptimalkan kinerja dari *constraint*. Pada penelitian ini, tahap eksploitasi *constraint* dan *subordinate* sumber daya sistem akan digabungkan dalam kerangka yang sama.

Metode yang akan digunakan untuk dapat melakukan eksploitasi dan *subordinate system's resource* adalah dengan melakukan modifikasi pada sistem eksisting berdasarkan model pola operasional pengangkutan, model kedatangan kapal, dan model penyelesaian aktivitas kapal yang telah disusun sebelumnya. Dampak dari modifikasi sistem akan diukur melalui simulasi.

Berdasarkan hasil identifikasi *constraint* yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa *constraint* utama yang terdapat pada PT. X adalah terbatasnya kapasitas *jetty*. Pada kondisi eksisting dimana terdapat dua unit *jetty* dengan jumlah kedatangan kapal kurang lebih 306 kali dalam satu tahun, *occupancy rate* dari *jetty* adalah sebesar 88%. Kondisi tersebut dihasilkan sebagaimana sistem yang terdapat pada *Gambar 4.21*.



Gambar 4.21 Process Map dan Kapasitas Sumber Daya di Sistem PT. X

Berdasarkan Gambar 4.20, dapat diketahui bahwa *jetty* merupakan sumber daya yang memiliki kapasitas paling kecil. Pada kondisi eksisting, *jetty* di PT. X dapat melayani 0.96 kapal per hari atau 350.4 kapal per tahun. Hal tersebut jauh lebih kecil apabila dibandingkan dengan sumber daya yang terlibat pada proses-proses yang lain. Dengan kondisi tersebut, apabila *constraint jetty* dapat dimanfaatkan sampai pada titik optimalnya, dalam satu hari sistem pengangkutan laut yang ada di PT. X dapat melayani 0.96 kapal dimana hal tersebut sesuai dengan kapasitas *constraint jetty*.

Berdasarkan dimensi efisiensi, tujuan dari kegiatan eksploitasi *constraint* dan *subordinate* komponen sistem dilakukan untuk meminimalkan waktu *idle* dari *jetty*. Hasil simulasi untuk utilisasi *constraint jetty* yang dilakukan dengan menggunakan kapasitas dan model eksisting pada periode satu bulan dapat dilihat pada Gambar 4.22.

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Jetty 1	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Jetty 2	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Keterangan																															
✓	Jetty digunakan																														
✗	Jetty tidak digunakan																														

Gambar 4.22 Simulasi Utilisasi *Constraint Jetty* di PT. X

Dari hasil simulasi yang terdapat pada Gambar 4.21, dapat diketahui bahwa saat ini 88% dari waktu *jetty* telah diutilisasi untuk memenuhi *demand* pengangkutan. Frekuensi dimana *jetty* berada dalam kondisi *idle* atau tidak digunakan untuk melayani aktivitas pembongkaran muatan hanya sebanyak 7 kali dibandingkan dengan 60 hari *jetty* selama satu bulan.

Kondisi utilisasi *jetty* sebagaimana yang terdapat pada Gambar 4.21 diperoleh berbasis pada rata-rata kedatangan kapal sejumlah 0.62 per hari dan waktu pelayanan *jetty* selama 24.12 jam per kapal. Hasil simulasi kedatangan kapal dan waktu pelayanan kapal dengan menggunakan kapasitas *jetty* eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.23.

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Kapal 1																															
Kapal 2																															
Kapal 3																															
Kapal 4																															
Kapal 5																															
Kapal 6																															
Jumlah Kapal di Pelabuhan	2	2	1	3	3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	1	3	2	1	3	3	1	1	2	2	3
Keterangan																															
Kapal menggunakan layanan <i>jetty</i>																															

Gambar 4.23 Hasil Simulasi Kedatangan Kapal dan Pelayanan Kapal

Berdasarkan Gambar 4.22, dapat dilihat bahwa saat ini kedatangan kapal yang terdapat pada PT. X telah mengikuti pola tertentu. Secara umum Kapal 1 datang setiap empat hari sekali, kapal 2 datang setiap lima hari sekali, kapal 4 datang setiap tiga sampai empat hari sekali, kapal 5 datang setiap empat hari sekali, dan kapal 6 datang setiap lima hari sekali. Pola yang cukup acak dalam hal ini hanya dilakukan oleh kapal 3 dimana kapal tersebut datang dalam rentang empat sampai enam hari. Dengan pola eksisting, *congestion* dan *idle time jetty* tetap terjadi. Dalam satu bulan, frekuensi terjadinya *idle time* adalah selama 7 kali, sedangkan *congestion* juga terjadi sebanyak 7 kali.

Berdasarkan kondisi yang ada, simulasi optimasi penjadwalan dilakukan dengan melakukan pengaturan ulang kedatangan kapal dengan fungsi tujuan untuk memaksimalkan utilisasi *jetty* dan memenuhi *demand* pengangkutan di pelabuhan. Hasil simulasi optimasi penjadwalan yang dilakukan berdasarkan *linear programming* dapat dilihat pada Gambar 4.24.

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Kapal 1																																
Kapal 2																																
Kapal 3																																
Kapal 4																																
Kapal 5																																
Kapal 6																																
Jumlah Kapal di Pelabuhan	2	3	3	2	1	2	2	2	3	2	1	2	2	2	3	2	1	2	2	3	2	2	2	2	1	3	3	2	2	1	2	3
Keterangan	Kapal menggunakan layanan jetty																															

Gambar 4.24 Hasil Simulasi Optimasi Utilisasi *Jetty*

Berdasarkan beberapa hasil simulasi yang telah dilakukan pada Gambar 4.24, dapat diketahui bahwa langkah pada kerangka TOC untuk melakukan eksploitasi *constraint* dan *subordinate* komponen sistem guna mengoptimalkan utilisasi *jetty* menghasilkan solusi akhir dimana frekuensi *idle jetty* berjumlah 5 kali. Solusi yang diambil dapat memenuhi *demand* pengangkutan dan mampu menurunkan *idle jetty*. Meskipun demikian, apabila ditinjau dari sisi frekuensi terjadinya *congestion*, solusi yang dihasilkan tidak lebih baik dari skenario yang saat ini telah berjalan. Hasil simulasi dengan model eksisting menunjukkan frekuensi *congestion* sebanyak 7 kali, sedangkan hasil optimasi justru menghasilkan 8 kali frekuensi *congestion*. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa tahap eksploitasi dan *subordinate* komponen sistem tidak efektif untuk dilakukan. *Constraint* yang muncul di PT. X dalam hal ini berjenis keterbatasan sumber daya utama dimana *demand* terhadap sumber daya *jetty* melebihi kapasitas yang ada. *Constraint* yang ada pada PT. X dalam hal ini bukan merupakan *peak resource constraint*, *constraint* musiman, atau *constraint* akibat kejadian khusus dimana utilisasi sumber daya yang ada masih dapat dioptimalkan dengan mengubah pola kedatangan kapal melalui aktivitas penjadwalan. Menurut Ronen et al (2006), *constraint* jenis keterbatasan sumber daya utama hanya dapat dioptimalkan melalui aktivitas *constraint elevation* atau penambahan kapasitas *constraint*.

4.6 Aplikasi Tahap *Elevate the Constraint* pada TOC

Berdasarkan aplikasi tahap eksploitasi *constraint* dan *subordinate* komponen sistem yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diketahui bahwa upaya peningkatan *constraint* dengan cara-cara tersebut tidak lagi dapat dilakukan. Dalam hal ini, sesuai dengan kerangka TOC, tahap selanjutnya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja *constraint* adalah dengan melakukan *constraint elevation* melalui aktivitas investasi.

4.6.1 Ekspansi *Constraint Jetty*

Berdasarkan hasil identifikasi *constraint*, dapat diketahui bahwa *constraint* utama yang ada pada sistem pengangkutan laut di PT X adalah *jetty*. Dari diagram Cost-Utilization dapat diketahui bahwa utilisasi dari *jetty* saat ini adalah sebesar 88%. Selain itu, *Jetty* merupakan sumber daya yang memiliki porsi biaya terbesar dibandingkan dengan sumber daya lain yang memiliki pengaruh signifikan terhadap produktivitas sistem pengangkutan laut. Mengacu ke Ronen dan Spector (1991), *jetty* dapat dikategorikan sebagai *plausible internal constraint*.

Untuk mengatasi adanya *plausible internal constraint*, salah satu langkah yang diusulkan oleh Ronen dan Spector (1991) adalah dengan melakukan analisis *marginal return on investment* apabila dilakukan *constraint elevation* melalui aktivitas investasi. Berdasarkan penjelasan yang terdapat pada Bab III, evaluasi terhadap kegiatan investasi dilakukan untuk dua layer, yaitu layer strategis dan layer operasional. Pada layer strategis, evaluasi terhadap simulasi ekspansi *jetty* akan diukur dengan indikator *Net Present Value* dari benefit yang diperoleh selama satu periode waktu. Dalam hal ini, suatu investasi berupa ekspansi *constraint jetty* dapat dikatakan *feasible* apabila hasil simulasi menunjukkan bahwa kegiatan investasi yang dilakukan menghasilkan nilai *Net Present Value* positif.

Sementara itu, dari aspek operasional evaluasi terhadap *return* investasi akan dilakukan dengan menggunakan indikator produktivitas sistem pengangkutan laut. Suatu investasi berupa ekspansi *constraint jetty* dapat dikatakan *feasible* dari aspek operasional apabila hasil simulasi menunjukkan bahwa kegiatan investasi yang dilakukan berdampak pada peningkatan produktivitas sistem pengangkutan laut.

4.6.1.1 Simulasi Ekspansi Kapasitas Jetty di Pelabuhan X Tanpa Memperhitungkan Pertumbuhan Demand Pengangkutan

Berdasarkan data realisasi kedatangan kapal yang terdapat di pelabuhan X di tahun 2013, pada penelitian ini telah dilakukan simulasi *congestion* dengan menggunakan skenario kapasitas sebanyak 2 sampai dengan 5 jumlah *jetty*. Simulasi dilakukan mengadopsi pendekatan Weille dan Ray (1974). Hasil dari simulasi adalah sebagaimana yang terdapat pada Gambar 4.25.

Date	Ships at Port	2 Jetty		3 Jetty		4 Jetty		5 Jetty	
		Jetty Available	Ships Waiting	Jetty Available	Ships Waiting	Jetty Available	Ships Waiting	Jetty Available	Ships Waiting
1-2 Jan 2013	4	2	2	3	1	4	0	5	0
2-3 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
3-4 Jan 2013	1	2	0	3	0	4	0	5	0
4-5 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
5-6 Jan 2013	1	2	0	3	0	4	0	5	0
6-7 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
7-8 Jan 2013	3	2	1	3	0	4	0	5	0
8-9 Jan 2013	1	2	0	3	0	4	0	5	0
9-10 Jan 2013	3	2	1	3	0	4	0	5	0
10-11 Jan 2013	3	2	1	3	0	4	0	5	0
11-12 Jan 2013	1	2	0	3	0	4	0	5	0
12-13 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
13-14 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
14-15 Jan 2013	1	2	0	3	0	4	0	5	0
15-16 Jan 2013	3	2	1	3	0	4	0	5	0
16-17 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
17-18 Jan 2013	1	2	0	3	0	4	0	5	0
18-19 Jan 2013	3	2	1	3	0	4	0	5	0
19-20 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
20-21 Jan 2013	1	2	0	3	0	4	0	5	0
21-22 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
22-23 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
23-24 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
24-25 Jan 2013	1	2	0	3	0	4	0	5	0
25-26 Jan 2013	1	2	0	3	0	4	0	5	0
26-27 Jan 2013	2	2	0	3	0	4	0	5	0
27-28 Jan 2013	3	2	1	3	0	4	0	5	0
28-29 Jan 2013	3	2	1	3	0	4	0	5	0
29-30 Jan 2013	3	2	1	3	0	4	0	5	0
30-31 Jan 2013	3	2	1	3	0	4	0	5	0

Gambar 4.25 Hasil Simulasi *Congestion*

4.6.1.2 Evaluasi *Benefit* Operasional Ekspansi *Jetty* Tanpa Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Berdasarkan tahap penentuan ukuran kinerja yang telah dilakukan, *benefit* operasional akan diukur dengan indikator TOC berupa *Throughput*, *Inventory*, *Operating Expense*, dan *Productivity Ratio*. Berikut adalah hasil perhitungan dari masing-masing ukuran kinerja tersebut:

1. *Throughput*

Pada sistem pengangkutan di PT. X yang terdapat pada penelitian ini, ekspansi *jetty* tidak berdampak pada *Throughput* pengangkutan karena *Throughput* yang diukur dari volume muatan cargo angkut dipengaruhi oleh *demand* energi yang terdapat pada depot di pelabuhan bongkar. Dalam hal ini, *demand* energi harus senantiasa dipenuhi oleh PT. X.

2. Operating Expense

Hasil simulasi kondisi *Operating Expense* kapal apabila dilakukan ekspansi *constraint* berupa penambahan unit *jetty* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Perubahan *Operating Expense* Jika Dilakukan Ekspansi Jetty

Skenario	Jumlah Jetty	Frekuensi Congestion per Bulan	Congestion Cost (IDR/Tahun)	Operating Expense (IDR/Tahun)	Penurunan Operating Expense dari Kondisi Awal (IDR/Tahun)	Penurunan Operating Expense dari Kondisi Awal (%)
Kondisi Awal	2	11	7,419,141,652	69,492,361,345	-	0%
Ekspansi Kapasitas Jetty 50%	3	1	705,751,252	64,378,970,945	5,113,390,400	7%
Ekspansi Kapasitas Jetty 100%	4	0	-	65,273,219,692	4,219,141,652	6%
Ekspansi Kapasitas Jetty 150%	5	0	-	66,873,219,692	2,619,141,652	4%

Berdasarkan Tabel 4.34, dapat diketahui bahwa ekspansi jetty sebanyak satu unit berdampak pada penurunan *operating expense* sebesar 7%. Sementara itu, ekspansi jetty sebanyak dua unit akan memberikan penurunan *operating expense* sebesar 6%. Yang terakhir, ekspansi *Operating Expense* sebanyak tiga unit akan berdampak pada penurunan *operating expense* sebanyak 4%.

3. Productivity Ratio

Kegiatan ekspansi *jetty* berdampak pada perubahan *productivity ratio* dengan hasil sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35 Perubahan *Productivity Ratio* Jika Dilakukan Ekspansi Jetty

Skenario	Throughput (L)	Operating Expense (IDR)	Produktivitas (L/IDR)	Peningkatan Produktivitas (L/IDR)
Kondisi Awal	1,026,602,448	69,492,361,345	0.01477	0%
Ekspansi Kapasitas Jetty 50%	1,026,602,448	64,378,970,945	0.01595	8%
Ekspansi Kapasitas Jetty 100%	1,026,602,448	65,273,219,692	0.01573	6%
Ekspansi Kapasitas Jetty 150%	1,026,602,448	66,873,219,692	0.01535	4%

Dari Tabel 4.35, dapat diketahui bahwa ekspansi *jetty* sebesar 50% menjadi tiga unit akan meningkatkan produktivitas pengangkutan sebesar 8%. Sementara itu, ekspansi *jetty* sebesar 100% menjadi 4 akan berdampak pada peningkatan produktivitas pengangkutan sebesar 6%. Yang terakhir, ekspansi sebesar 150% menjadi lima unit *jetty* akan meningkatkan produktivitas sebesar 4%.

4. *Inventory*

Hasil simulasi kondisi *Inventory* ruang muat kapal apabila dilakukan ekspansi berupa penambahan *jetty* dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Perubahan *Inventory* Apabila Dilakukan Ekspansi *Jetty*

Skenario	Capacity Kapal (KL Day)	Capacity Jetty (KL Day)	Congestion (KL Day)	Inventory Kapal (KL Day)	Inventory Jetty (KL Day)	Total Inventory (KL Day)
Kondisi Awal	4,389,634	1,452,212	477,670	867,000	425,610	1,292,610
Ekspansi Kapasitas Jetty 50%	4,389,634	2,178,318	43,425	432,754	1,151,716	1,584,470
Ekspansi Kapasitas Jetty 100%	4,389,634	2,904,424	-	389,330	1,877,822	2,267,152
Ekspansi Kapasitas Jetty 150%	4,389,634	3,630,531	-	389,330	2,603,928	2,993,258

Berdasarkan Tabel 4.36, dapat diketahui bahwa ekspansi kapasitas *constraint jetty* memberikan dampak operasional sebagai berikut:

- Penurunan *inventory* ruang muat kapal.

Kegiatan ekspansi kapasitas *constraint jetty* memuat pendayagunaan ruang muat kapal menjadi lebih optimal. Hal tersebut dapat dilihat bahwa penambahan *jetty* sebanyak satu unit akan mampu menurunkan *inventory* ruang muat kapal sebesar 50%. Sementara itu, ekspansi 2 dan tiga unit kapasitas *jetty* akan menurunkan *inventory* kapal sebesar 55%.

- Peningkatan *inventory jetty*.

Dari hasil simulasi, penambahan unit *jetty* menyebabkan *inventory jetty* menjadi meningkat. Utilisasi *jetty* dalam hal ini akan menurun seiring dengan penambahan kapasitas.

5. Rekapitulasi Perubahan Ukuran Kinerja Operasional dengan Peningkatan Kapasitas *Jetty*

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, maka rekapitulasi dampak dari kegiatan ekspansi kapasitas *constraint* jetty terhadap perubahan indikator kinerja operasional adalah sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Rekapitulasi Dampak Operasional Peningkatan Kapasitas Jetty

Skenario	Deskripsi	Ukuran Kinerja	Nilai	Satuan
Kondisi Awal	Kapasitas <i>constraint</i> awal	<i>Throughput</i>	1,026,602,448	<i>Liter</i>
		<i>Operating Expense</i>	69,492,361,345	<i>Rupiah</i>
		<i>Productivity Ratio</i>	0.0148	<i>Liter/Rupiah</i>
		<i>Inventory</i>	1,291,600	<i>Kilo Liter Hari</i>
Skenario 1	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 50%	<i>Throughput</i>	1,026,602,448	<i>Liter</i>
		<i>Operating Expense</i>	64,378,970,945	<i>Rupiah</i>
		<i>Productivity Ratio</i>	0.0159	<i>Liter/Rupiah</i>
		<i>Inventory</i>	1,583,540	<i>Kilo Liter Hari</i>
Skenario 2	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 100%	<i>Throughput</i>	1,026,602,448	<i>Liter</i>
		<i>Operating Expense</i>	65,273,219,692	<i>Rupiah</i>
		<i>Productivity Ratio</i>	0.0157	<i>Liter/Rupiah</i>
		<i>Inventory</i>	2,266,158	<i>Kilo Liter Hari</i>
Skenario 3	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 150%	<i>Throughput</i>	1,026,602,448	<i>Liter</i>
		<i>Operating Expense</i>	66,873,219,692	<i>Rupiah</i>
		<i>Productivity Ratio</i>	0.0154	<i>Liter/Rupiah</i>
		<i>Inventory</i>	2,992,184	<i>Kilo Liter Hari</i>

Berdasarkan Tabel 4.37, dapat diketahui bahwa apabila tanpa mempertimbangkan pertumbuhan *demand* pengangkutan, maka skenario ekspansi *constraint* jetty yang paling optimal dengan menambahkan satu unit jetty menjadi tiga unit. *Operating Expense* untuk skenario tersebut adalah sebesar 64 Milyar Rupiah. Sementara itu, *productivity ratio* untuk skenario tersebut adalah sebesar 0.0159. yang terakhir, *inventory* untuk skenario yang dimaksud adalah 1,583,540 KL Hari.

4.6.1.3 Evaluasi *Benefit* Strategis Ekspansi Jetty Tanpa Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Konsep *benefit* dari investasi *jetty* pada layer strategis yang digunakan pada penelitian ini mengadopsi pada konsep *benefit* yang digunakan oleh Weille dan Ray (1974) dimana *Net Profit* diperoleh dari *congestion cost reduction* dikurangi dengan tambahan biaya investasi dan biaya operasional dari aktivitas investasi *jetty*. Formula *Net Profit* dari ekspansi *jetty* adalah sebagai berikut

$$\text{Net Profit} = \Sigma \text{Congestion Cost Reduction} - \text{Marginal Additional Jetty Cost} \quad \dots\dots\dots (4.16)$$

Berdasarkan hasil simulasi, maka *benefit* dari ekspansi *jetty* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.38.

Tabel 4.38 Net Profit Ekspansi Jetty

Skenario	Net Profit (IDR)
Kondisi Awal	-
Ekspansi Kapasitas Jetty 50%	5,113,390,399.98
Ekspansi Kapasitas Jetty 100%	4,219,141,652.31
Ekspansi Kapasitas Jetty 150%	2,619,141,652.31

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

- Dengan kondisi eksisting, *total congestion cost* yang harus ditanggung oleh PT X selaku *ship operator* kurang lebih adalah sebesar 7,4 Milyar Rupiah per tahun.
- Jika jumlah *jetty* saat ini ditambah satu unit, maka *congestion cost* akan berkurang drastis menjadi hanya 0.7 Milyar Per Tahun. Dengan tambahan biaya operasional satu unit *jetty*, maka aktivitas ekspansi *constraint jetty* sebanyak satu unit pada pelabuhan X akan menghasilkan *benefit* sebesar 5.1 Milyar Rupiah per tahun.
- Apabila *jetty* ditambah dua unit menjadi 4 *jetty*, *waiting cost* yang disebabkan oleh *congestion* berhasil ditiadakan. Dengan tambahan biaya operasional dua unit *jetty*, maka aktivitas ekspansi *constraint* sebanyak dua unit *jetty* akan menghasilkan *benefit* sebesar 4.2 Milyar Rupiah per tahun.

- d. Apabila *jetty* ditambah tiga unit menjadi 5*jetty*, *waiting cost* yang disebabkan oleh *congestion* berhasil ditiadakan atau sama dengan penambahan dua unit*jetty*. Meskipun demikian, tambahan biaya operasional dari tiga unit *jetty* lebih besar. Oleh karena itu, aktivitas ekspansi *constraint* sebanyak tiga unit *jetty* akan menghasilkan *benefit* sebesar 2.6 Milyar Rupiah per tahun.

Sementara itu, simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *Cost-Benefit Analysis* memberikan hasil sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.39. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai *benefit-cost ratio* paling besar diperoleh dengan ekspansi kapasitas *jetty* sebesar 50% menjadi 3 unit.

Tabel 4.39 Hasil Simulasi Cost Benefit Analysis Kegiatan Ekspansi Jetty

Skenario	Benefit Cost Ratio
Kondisi Awal	-
Ekspansi Kapasitas Jetty 50%	4.20
Ekspansi Kapasitas Jetty 100%	2.32
Ekspansi Kapasitas Jetty 150%	1.55

Mempertimbangkan kondisi yang ada, maka dari sisi strategis skenario yang paling mengungkan bagi PT. X adalah dengan melakukan ekspansi satu unit *jetty*, sehingga kapasitas menjadi tiga unit.

4.6.1.4 Simulasi Ekspansi Kapasitas Jetty di Pelabuhan X dengan Mempertimbangkan Pertumbuhan Demand Pengangkutan

Pada Sub Bab sebelumnya, simulasi ekspansi kapasitas *jetty* dilakukan dengan dasar asumsi bahwa *demand* pengangkutan bersifat tetap. Pada praktiknya, *demand* pengangkutan senantiasa berubah dari waktu ke waktu. Model pertumbuhan *demand* pengangkutan di dalam penelitian ini diasumsikan akan mengikuti pola pertumbuhan linear sebagaimana yang diaplikasikan oleh Dekker (2008) pada persamaan 4.17 dan 4.18:

$$Q_t = Q_0 + \gamma t \quad \text{if } t < h \quad \dots\dots\dots (4.17)$$

$$= Q_h \quad \text{if } t \geq h \quad \dots\dots\dots (4.18)$$

Nomenklatur:

- h : Plan horizon
 Q_0 : *Demand* pada waktu $t=0$
 Q_h : *Demand* pada waktu $t=h$
 γ : Pertumbuhan *demand* tahunan

Pada penelitian ini, pertumbuhan *demand* pengangkutan ke depan diasumsikan akan mengikuti pola pertumbuhan *demand* energi nasional tahunan mulai dari tahun 2000 sampai dengan 2012 (ESDM, 2013) sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.40. Hasil perhitungan *annual growth rate* untuk *demand* pengangkutan mogas adalah sebesar 7.5%.

Tabel 4.40 Data Historis Pertumbuhan *Demand* Energi (ESDM, 2013)

Year	Mogas	Kerosene	Solar	Total
2000	70,274	66,735	84,964	221,973
2001	74,043	65,799	90,193	230,035
2002	77,642	62,559	88,752	228,953
2003	82,898	62,959	85,484	231,341
2004	92,931	63,458	98,257	254,646
2005	98,892	60,907	91,268	251,067
2006	96,596	53,693	80,082	230,371
2007	102,520	53,025	77,247	232,792
2008	113,782	42,328	85,044	241,154
2009	124,516	25,605	94,157	244,278
2010	135,056	15,242	98,810	249,108
2011	149,690	10,632	83,451	243,773
2012	165,664	7,405	85,436	258,505

Dengan menggunakan hasil perhitungan nilai *annual growth rate* dari *demand* pengangkutan, pada penelitian ini kemudian dilakukan perhitungan proyeksi *demand* pelabuhan ke depan dalam wujud *ship calls*. Setelah proyeksi *ship calls* diketahui, kedatangan kapal di pelabuhan disimulasikan dengan menggunakan fungsi Poisson (Tadashi, 2003) pada formula 3.2. Selain model kedatangan, simulasi juga dilakukan berbasis pada model menggunakan fungsi distribusi Erlang pada formula 3.3. Hasil simulasi yang dilakukan berdasarkan fungsi Poisson dan Distribusi Erlang dapat dilihat pada Tabel 4.41.

Tabel 4.41 Hasil Proyeksi dan Simulasi *Congestion* dengan Fungsi Poisson dan Distribusi Erlang Berbasis Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

No	Tahun	Jumlah Kedatangan Kapal	Jumlah Jetty	Congestion Per Bulan (Hari)	Congestion Per Tahun (Hari)
1	2013	400	2	11	132
			3	1	12
			4	0	0
			5	0	0
2	2014	430	2	15	180
			3	3	36
			4	0	0
			5	0	0
3	2015	462	2	19	228
			3	6	72
			4	1	12
			5	0	0
4	2016	497	2	24	288
			3	9	108
			4	1	12
			5	0	0
5	2017	534	2	29	348
			3	11	132
			4	1	12
			5	0	0
6	2018	574	2	34	408
			3	15	180
			4	5	60
			5	1	12
7	2019	617	2	40	480
			3	19	228
			4	8	96
			5	1	12
8	2020	663	2	46	552
			3	25	300
			4	11	132
			5	2	24
9	2021	713	2	53	636
			3	32	384
			4	15	180
			5	5	60
10	2022	766	2	60	720
			3	39	468
			4	19	228
			5	9	108

4.6.1.5 Evaluasi *Benefit* Operasional Ekspansi *Jetty* Dengan Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Evaluasi *benefit* operasional dari ekspansi *jetty* yang mempertimbangkan pertumbuhan *demand* pengangkutan akan dilakukan untuk untuk ukuran kinerja *Throughput*, *Inventory*, *Operating Expense*, dan *Productivity Ratio* sebagai berikut:

1. *Throughput*

Sebagaimana hasil evaluasi yang dilakukan pada skenario ekspansi *jetty* tanpa mempertimbangkan *demand* pengangkutan, *throughput* untuk sistem pengangkutan laut yang ada di PT. X tidak berubah meski kapasitas *jetty* ditingkatkan. Hal tersebut disebabkan karena *throughput* pengangkutan bergantung pada *demand* energi di depot yang ada di pelabuhan bongkar. Proyeksi pertumbuhan *throughput* pengangkutan yang ada di PT. X dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4.42 Proyeksi Pertumbuhan *Throughput* Pengangkutan

Tahun	Throughput (KL)
0	1,026,602,448
1	1,103,597,632
2	1,186,367,454
3	1,275,345,013
4	1,370,995,889
5	1,473,820,581
6	1,584,357,124
7	1,703,183,909
8	1,830,922,702
9	1,968,241,904
10	2,115,860,047
11	2,274,549,551
12	2,445,140,767
13	2,628,526,324
14	2,825,665,799
15	3,037,590,734
16	3,265,410,039
17	3,510,315,792
18	3,773,589,476
19	4,056,608,687
20	4,360,854,338
21	4,687,918,414
22	5,039,512,295
23	5,417,475,717
24	5,823,786,395
25	6,260,570,375

2. *Operating Expense*

Operating Expense dihitung dari biaya operasional kapal dan infrastruktur pelabuhan. Nilai proyeksi *Operating Expense* di PT X dengan beberapa skenario jumlah *jetty* di masa yang akan datang adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43 Hasil Simulasi *Operating Expense* di PT X dengan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Skenario	Throughput (L)	Total <i>Operating Expense</i> Kapal dan Pelabuhan (IDR)	Average <i>Operating Expense</i> Kapal dan Pelabuhan per Tahun (IDR)
Kondisi Awal	75,020,206,956	4,723,942,114,989	188,957,684,600
Ekspansi Kapasitas Jetty 50%	75,020,206,956	4,345,069,993,224	173,802,799,729
Ekspansi Kapasitas Jetty 100%	75,020,206,956	4,047,615,143,355	161,904,605,734
Ekspansi Kapasitas Jetty 150%	75,020,206,956	3,826,981,428,737	153,079,257,149

Dari Tabel 4.43, dapat diketahui bahwa jika pertumbuhan *demand* pengangkutan dipertimbangkan, maka skenario ekspansi kapasitas jetty 150% akan memberikan nilai *Operating Expense* terendah.

3. *Productivity Ratio*

Berdasarkan pendefinisian yang telah dilakukan sebelumnya, *productivity ratio* pada sistem pengangkutan laut di PT. X merupakan perbandingan antara *throughput* dengan *operating expense*. Berdasarkan hasil simulasi, *productivity ratio* untuk beberapa skenario jumlah *jetty* di PT X ke depan adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.44.

Tabel 4.44 Hasil Simulasi Perhitungan *Productivity Ratio* di PT X dengan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Skenario	Rata-Rata <i>Productivity Ratio</i> (L/IDR)
Kondisi Awal (2 Jetty)	0.0148
Ekspansi Kapasitas Jetty 50% (3 Jetty)	0.0162
Ekspansi Kapasitas Jetty 100% (4 Jetty)	0.0174

Skenario	Rata-Rata <i>Productivity Ratio</i> (L/IDR)
Ekspansi Kapasitas Jetty 150% (5 Jetty)	0.0183

Secara kumulatif selama dua puluh lima tahun dan rata-rata per tahun, berdasarkan Tabel 4.44 dapat dilihat bahwa ekspansi kapasitas jetty sebesar 150% akan memberikan produktivitas pengangkutan paling tinggi. Meskipun demikian, apabila ditinjau berdasarkan pergerakan dari tahun ke tahun, produktivitas rasio untuk untuk ekspansi sebanyak lima unit tidak selalu menghasilkan produktivitas tertinggi. Hasil simulasi tahunan produktivitas pengangkutan di PT. X dapat dilihat pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 Hasil Simulasi Perhitungan *Productivity Ratio* di PT. X

Urutan Tahun	Throughput (L)	Jumlah Jetty	Congestion Cost (IDR)	Operating Expense (IDR)	Productivity Ratio (L/IDR)
0	1,026,602,448	2	7,419,141,652	69,492,361,345	0.0148
		3	705,751,252	64,378,970,945	0.0159
		4	-	65,873,219,692	0.0156
		5	-	68,673,219,692	0.0149
1	1,103,597,632	2	10,586,268,785	74,704,288,445	0.0148
		3	2,117,253,757	67,835,273,417	0.0163
		4	-	67,318,019,660	0.0164
		5	-	68,918,019,660	0.0160
2	1,186,367,454	2	13,409,273,794	80,307,110,079	0.0148
		3	4,234,507,514	72,732,343,798	0.0163
		4	705,751,252	70,803,587,537	0.0168
		5	-	71,697,836,284	0.0165
3	1,275,345,013	2	16,938,030,056	86,330,143,335	0.0148
		3	6,351,761,271	77,343,874,550	0.0165
		4	705,751,252	73,297,864,531	0.0174
		5	-	74,192,113,279	0.0172
4	1,370,995,889	2	20,466,786,318	92,804,904,085	0.0148
		3	7,763,263,776	81,701,381,543	0.0168
		4	705,751,252	76,243,869,019	0.0180
		5	-	77,138,117,767	0.0178
5	1,473,820,581	2	23,995,542,579	99,765,271,891	0.0148
		3	10,586,268,785	87,955,998,097	0.0168
		4	3,528,756,262	82,498,485,573	0.0179
		5	705,751,252	81,275,480,564	0.0181
6	1,584,357,124	2	28,230,050,094	107,247,667,283	0.0148
		3	13,409,273,794	94,026,890,984	0.0169
		4	5,646,010,019	87,863,627,208	0.0180
		5	705,751,252	84,523,368,442	0.0187

Urutan Tahun	Throughput (L)	Jumlah Jetty	Congestion Cost (IDR)	Operating Expense (IDR)	Productivity Ratio (L/IDR)
7	1,703,183,909	2	32,464,557,608	115,291,242,329	0.0148
		3	17,643,781,308	102,070,466,030	0.0167
		4	7,763,263,776	93,789,948,497	0.0182
		5	1,411,502,505	89,038,187,226	0.0191
8	1,830,922,702	2	37,404,816,374	123,938,085,504	0.0148
		3	22,584,040,075	110,717,309,205	0.0165
		4	10,586,268,785	100,319,537,915	0.0183
		5	3,528,756,262	94,862,025,392	0.0193
9	1,968,241,904	2	42,345,075,140	133,233,441,917	0.0148
		3	27,524,298,841	120,012,665,618	0.0164
		4	13,409,273,794	107,497,640,571	0.0183
		5	6,351,761,271	102,040,128,048	0.0193
10	2,115,860,047	2	47,991,085,159	143,225,950,061	0.0148
		3	32,464,557,608	129,299,422,509	0.0164
		4	17,643,781,308	116,078,646,210	0.0182
		5	9,880,517,533	109,915,382,434	0.0192
11	2,274,549,551	2	54,342,846,430	153,967,896,315	0.0148
		3	38,110,567,626	139,335,617,511	0.0163
		4	23,289,791,327	126,114,841,212	0.0180
		5	13,409,273,794	117,834,323,680	0.0193
12	2,445,140,767	2	62,106,110,206	165,515,488,539	0.0148
		3	44,462,328,897	149,471,707,230	0.0164
		4	29,641,552,598	136,250,930,931	0.0179
		5	16,938,030,056	125,147,408,389	0.0195
13	2,628,526,324	2	69,869,373,981	177,929,150,179	0.0148
		3	51,519,841,421	161,179,617,618	0.0163
		4	36,699,065,122	147,958,841,319	0.0178
		5	21,878,288,822	134,738,065,020	0.0195
14	2,825,665,799	2	78,338,389,009	191,273,836,443	0.0148
		3	58,577,353,944	173,112,801,377	0.0163
		4	43,756,577,645	159,892,025,078	0.0177
		5	28,935,801,346	146,671,248,779	0.0193
15	3,037,590,734	2	86,807,404,038	205,619,374,176	0.0148
		3	66,340,617,720	186,752,587,858	0.0163
		4	51,519,841,421	173,531,811,559	0.0175
		5	36,699,065,122	160,311,035,260	0.0189
16	3,265,410,039	2	96,687,921,570	221,040,827,239	0.0148
		3	75,515,384,000	201,468,289,669	0.0162
		4	59,988,856,449	187,541,762,117	0.0174
		5	45,168,080,150	174,320,985,818	0.0187
17	3,510,315,792	2	107,274,190,355	237,618,889,282	0.0148
		3	86,101,652,785	218,046,351,712	0.0161
		4	68,457,871,477	202,002,570,403	0.0174
		5	53,637,095,178	188,781,794,104	0.0186

Urutan Tahun	Throughput (L)	Jumlah Jetty	Congestion Cost (IDR)	Operating Expense (IDR)	Productivity Ratio (L/IDR)
18	3,773,589,476	2	118,566,210,393	255,440,305,978	0.0148
		3	97,393,672,823	235,867,768,408	0.0160
		4	78,338,389,009	218,412,484,595	0.0173
		5	63,517,612,710	205,191,708,296	0.0184
19	4,056,608,687	2	130,563,981,682	274,598,328,926	0.0148
		3	109,391,444,112	255,025,791,356	0.0159
		4	88,218,906,542	235,453,253,786	0.0172
		5	73,398,130,243	222,232,477,487	0.0183
20	4,360,854,338	2	143,267,504,225	295,193,203,596	0.0148
		3	122,094,966,654	275,620,666,026	0.0158
		4	100,922,429,084	256,048,128,456	0.0170
		5	84,690,150,281	241,415,849,652	0.0181
21	4,687,918,414	2	157,382,529,271	317,332,693,866	0.0148
		3	136,209,991,701	297,760,156,295	0.0157
		4	115,037,454,131	278,187,618,725	0.0169
		5	96,687,921,570	261,438,086,164	0.0179
22	5,039,512,295	2	172,203,305,570	341,132,645,905	0.0148
		3	151,030,768,000	321,560,108,335	0.0157
		4	129,858,230,430	301,987,570,765	0.0167
		5	109,391,444,112	283,120,784,447	0.0178
23	5,417,475,717	2	188,435,584,374	366,717,594,348	0.0148
		3	167,263,046,804	347,145,056,778	0.0156
		4	146,090,509,234	327,572,519,208	0.0165
		5	124,917,971,664	307,999,981,638	0.0176
24	5,823,786,395	2	206,079,365,683	394,221,413,924	0.0148
		3	184,906,828,112	374,648,876,354	0.0155
		4	163,734,290,542	355,076,338,784	0.0164
		5	142,561,752,972	335,503,801,214	0.0174
25	6,260,570,375	2	224,428,898,243	423,788,019,969	0.0148
		3	203,256,360,673	404,215,482,399	0.0155
		4	182,083,823,103	384,642,944,829	0.0163
		5	160,911,285,533	365,070,407,258	0.0171

4. Inventory

Hasil simulasi yang dilakukan terhadap perubahan *Inventory* apabila dilakukan kegiatan ekspansi *constraint* jetty dapat dilihat pada Tabel 4.46.

Tabel 4.46 Hasil Simulasi *Inventory*Kapal di PT. X dengan Ekspansi Jetty

Skenario	Inventory Kapal Selama 25 Tahun (KL Day)	Inventory Jetty Selama 25 Tahun (KL Day)	Total Inventory Selama 25 Tahun (KL Day)	Rata-Rata Inventory Kapal Per Tahun (KL day)	Rata-Rata Inventory Jetty Per Tahun (KL day)	Rata-Rata Inventory Total Per Tahun (KL day)
Kondisi Awal (2 Jetty)	59,338,536	1,298,156	60,636,692	2,472,439	54,090	2,526,529
Ekspansi Kapasitas Jetty 50% (3 Jetty)	26,689,638	7,322,207	34,011,845	1,112,068	305,092	1,417,160
Ekspansi Kapasitas Jetty 100% (4 Jetty)	26,646,214	16,123,315	42,769,528	1,110,259	671,805	1,782,064
Ekspansi Kapasitas Jetty 150% (5 Jetty)	26,646,214	27,246,860	53,893,074	1,110,259	1,135,286	2,245,545

Berdasarkan Tabel 4.46, dapat diketahui bahwa kegiatan ekspansi *constraint* mampu menurunkan *inventory* kapal. Pada penambahan 1, 2, dan tiga unit jetty, *inventory* kapal dapat turun sebesar 155%. Di sisi lain, kegiatan ekspansi *constraint* jetty berdampak pada meningkatnya *inventory* pelabuhan. Secara kumulatif, kegiatan ekspansi *constraint* jetty mampu menurunkan *inventory* total dari sistem pengangkutan di PT X. Penurunan *inventory* tertinggi dicapai jika kegiatan ekspansi *constraint* jetty dilakukan sebanyak satu unit menjadi tiga unit .

5. Rekapitulasi Perubahan Kinerja Operasional dengan Peningkatan kapasitas Jetty

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, maka rekapitulasi dampak operasional dari kegiatan ekspansi jetty terhadap sistem pengangkutan laut yang terdapat di PT. X dapat dilihat pada Tabel 4.47.

Tabel 4.47 Rekapitulasi Dampak Operasional Peningkatan Kapasitas Constraint Jetty

Skenario	Deskripsi	Ukuran Kinerja	Nilai	Satuan
Kondisi Awal	Kapasitas <i>constraint</i> awal	<i>Throughput</i>	75,020,206,956	Liter
		<i>Operating Expense</i>	188,957,684,600	Rupiah
		<i>Productivity Ratio</i>	0.0148	Liter/Rupiah
		<i>Inventory</i>	2,526,529	Kilo Liter Hari
Skenario 1	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 50%	<i>Throughput</i>	75,020,206,956	Liter
		<i>Operating Expense</i>	173,802,799,729	Rupiah
		<i>Productivity Ratio</i>	0.0162	Liter/Rupiah

Skenario	Deskripsi	Ukuran Kinerja	Nilai	Satuan
		<i>Inventory</i>	1,417,160	<i>Kilo Liter Hari</i>
Skenario 2	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 100%	<i>Throughput</i>	75,020,206,956	<i>Liter</i>
		<i>Operating Expense</i>	161,904,605,734	<i>Rupiah</i>
		<i>Productivity Ratio</i>	0.0174	<i>Liter/Rupiah</i>
		<i>Inventory</i>	1,782,064	<i>Kilo Liter Hari</i>
Skenario 3	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 150%	<i>Throughput</i>	75,020,206,956	<i>Liter</i>
		<i>Operating Expense</i>	153,079,257,149	<i>Rupiah</i>
		<i>Productivity Ratio</i>	0.0183	<i>Liter/Rupiah</i>
		<i>Inventory</i>	2,245,545	<i>Kilo Liter Hari</i>

Dari Tabel 4.47, skenario peningkatan kapasitas jetty sebesar 150% menjadi lima unit akan memberikan nilai *Operating Expense* terendah dan *Productivity Ratio* terbesar. Meskipun demikian, skenario pengembangan tersebut memiliki total *inventory* terbesar. Dari sisi *inventory*, nilai terendah diperoleh ketika kegiatan ekspansi *constraint* jetty dilakukan sebesar 50% dari kapasitas awal menjadi tiga unit.

4.6.1.6 Evaluasi *Benefit* Strategis Ekspansi Jetty Dengan Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Sebagaimana penjelasan yang disampaikan pada bagian sebelumnya, evaluasi *benefit* strategis ekspansi jetty akan dilakukan dengan menggunakan indikator *Net Present Value* dari *benefit* tahunan. Adapun formula yang digunakan sebagaimana penjelasan yang terdapat pada Bab 3 adalah sebagai berikut:

$$\text{Max Benefit} = \text{PVB}_0 + \text{PVB}_1 + \text{PVB}_2 + \dots + \text{PVB}_n \quad \dots\dots\dots (4.19)$$

Nomenklatur:

PVB_0 : *Present Value Benefit* pada tahun ke-0 (saat investasi *constraint* dilakukan)

PVB_1 : *Present Value Benefit* pada tahun ke-1

PVB_2 : *Present Value Benefit* pada tahun ke-2

PVB_n : *Present Value Benefit* pada tahun ke-n

Investasi ekspansi *constraint* jetty dapat dikatakan *feasible* apabila hasil simulasi menunjukkan bahwa kegiatan yang dilakukan berhasil memberikan nilai *Net Present Value* positif. Adapun konsep *benefit* dari investasi jetty yang digunakan pada penelitian

mengadopsi pada konsep benefit yang digunakan oleh Weille dan Ray (1974) dimana *benefit* diperoleh dari *congestion cost reduction* dikurangi dengan tambahan biaya investasi dan tambahan biaya operasional dari aktivitas investasi *jetty*. Parameter yang digunakan untuk melakukan simulasi *benefit* dari aktivitas investasi satu unit *jetty* di pelabuhan adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.48.

Tabel 4.48 Parameter Ekspansi Kapasitas Jetty

Item	Unit
<i>Yearly Inflation</i>	7%
WACC	9%
<i>1 Jetty Operating Cost/Year</i>	1,000,000,000.00
<i>Capital Cost 1 Jetty</i>	15,000,000,000.00

Analisis *benefit* dari aspek strategis untuk kegiatan ekspansi *jetty* untuk skenario beberapa jumlah *jetty* adalah sebagai berikut:

1. Analisis Keekonomian Ekspansi Satu Unit Jetty

Dengan menggunakan parameter tersebut, kegiatan ekspansi satu unit *jetty* dengan *life time* selama 25 tahun akan menghasilkan nilai *NPV Cash Flow* sebesar 95 Milyar Rupiah dan IRR 41%. Sementara itu, *NPV Revenue* dari kegiatan tersebut adalah sebesar 460 Milyar Rupiah. Dengan total NPV biaya sebesar 78 Milyar Rupiah, maka *benefit-cost ratio* dari aktivitas investasi satu unit *jetty* adalah sebesar 5.9, sehingga investasi tersebut dikatakan *feasible*. Hasil analisis keekonomian dari aktivitas ekspansi satu unit *jetty* dapat dilihat pada Tabel 4.49.

Tabel 4.49 Hasil Analisis Keekonomian Pengembangan 1 Jetty

Indikator	Nilai	Keterangan
NPV of Cash Flow	95,932,582,962.65	
IRR	41%	
NPV of Benefit	460,511,335,385	
NPV of Cost	(78,249,037,716.04)	
Benefit-Cost Ratio	5.9	<i>Feasible</i>

2. Analisis Keekonomian Pengembangan Dua Unit Jetty

Hasil dari evaluasi indikator strategis untuk simulasi kegiatan investasi dua unit jetty di pelabuhan X dapat dilihat pada Tabel 4.50. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa ekspansi *constraint* jetty sebanyak dua unit akan menghasilkan *NPV Cash Flow* sebesar 157 Milyar Rupiah dan IRR sebesar 29%. Dengan menggunakan data *NPV Revenue* sebesar 841 Milyar Rupiah dan biaya operasional sebesar 156 Milyar Rupiah, maka *benefit-cost ratio* dari aktivitas pengembangan dua unit jetty adalah sebesar 5.4 dimana hal tersebut masih masuk ke kategori *feasible*.

Tabel 4.50 Hasil Analisis Keekonomian Pengembangan Dua Unit Jetty

Indikator	Nilai	Keterangan
NPV of Cash Flow	157,952,308,055.55	
IRR	29%	
NPV of Benefit	841,520,713,846	
NPV of Cost	(156,498,075,432.08)	
Benefit-Cost Ratio	5.4	<i>Feasible</i>

3. Analisis Keekonomian Pengembangan Tiga Unit Jetty

Hasil dari evaluasi indikator strategis untuk simulasi kegiatan investasi tiga unit jetty di pelabuhan X dapat dilihat pada Tabel 4.51. Berdasarkan hasil simulasi, kegiatan investasi tiga unit jetty akan menghasilkan Benefit *NPV Cash Flow* sebesar 190 Milyar Rupiah dan IRR 21%. Dengan menggunakan nilai *NPV Revenue* sebesar 1,1 Trilyun Rupiah dan NPV biaya sebesar 234 Milyar Rupiah, maka *benefit-cost ratio* yang dihasilkan adalah sebesar 4.9.

Tabel 4.51 Hasil Analisis Keekonomian Pengembangan Tiga Unit Jetty

Indikator	Nilai	Keterangan
NPV of Cash Flow	190,395,349,278.32	
IRR	21%	
NPV of Benefit	1,142,278,116,923	
NPV of Cost	(234,747,113,148.12)	
Benefit-Cost Ratio	4.9	<i>Feasible</i>

4. Pencarian Titik Optimal Ekspansi *Constraint* Ditinjau dari Aspek Strategis

Berdasarkan kegiatan simulasi yang telah dilakukan, maka perbandingan skenario ekspansi *constraint* jetty ditinjau dari aspek strategis dapat dilihat pada Tabel 4.52.

Tabel 4.52 Rekapitulasi Ukuran Kinerja Strategis Kegiatan Pengembangan Jetty

Skenario	Deskripsi	Ukuran Kinerja	Nilai	Satuan
Skenario 1	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 50%	<i>NPV Cash Flow</i>	95,932,582,963	Rupiah
		<i>IRR</i>	41%	%
		<i>Benefit/Cost Ratio</i>	5.9	-
Skenario 2	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 100%	<i>NPV Cash Flow</i>	157,952,308,056	Rupiah
		<i>IRR</i>	29%	%
		<i>Benefit/Cost Ratio</i>	5.4	-
Skenario 3	Kapasitas <i>constraint</i> ditingkatkan 150%	<i>NPV Cash Flow</i>	190,395,349,278	Rupiah
		<i>IRR</i>	21%	%
		<i>Benefit/Cost Ratio</i>	4.9	-

Dari Tabel 4.52, dapat diketahui bahwa dari sisi *NPV Cash Flow* kegiatan ekspansi *constraint* sebesar 150% menjadi tiga unit akan menghasilkan nilai terbesar. Meskipun demikian, apabila ditinjau dari aspek *IRR* dan *Benefit-Cost Ratio*, skenario pengembangan kapasitas jetty sebesar 50% menjadi tiga unit akan memberikan nilai terbaik.

4.6.2 Ekspansi *Constraint* Kapasitas *Port Draft*

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, kegiatan ekspansi *constraint* jetty berbasis TOC diindikasikan dapat meningkatkan kinerja dari sistem pengangkutan laut yang terdapat di PT. X, baik untuk *layer* strategis maupun operasional. Sesuai dengan metode POOGI yang terdapat di TOC, apabila *constraint* utama dari sistem pengangkutan laut telah ditangani, maka proses perbaikan kembali ke langkah identifikasi *constraint* yang lain.

4.6.2.1 Kondisi *Constraint* dari Sistem Transportasi Laut di PT. X Pasca Ekspansi Jetty

Kondisi utilisasi sumber daya yang berpengaruh signifikan terhadap produktivitas pengangkutan laut di PT. X pasca ekspansi jetty terdapat yang disimulasikan dengan menggunakan *demand* pengangkutan eksisting dapat dilihat pada Tabel 4.53.

Tabel 4.53 Kondisi *Constraint* Sistem Angkutan Laut di PT. X Pasca Ekspansi Jetty

Indikator	Skenario		
	Ekspansi 1 Unit Jetty	Ekspansi 2 Unit Jetty	Ekspansi 3 Unit Jetty
<i>Cost-Utilization Diagram</i>	<p>Bar chart for Ekspansi 1 Unit Jetty. The y-axis is '% Utilization' (0-100) and the x-axis is '%Cost' (0-100). Three bars are shown: Jetty (utilization 88%, cost 58%), Port Draft (utilization ~78%, cost ~80%), and Cargo Pump (utilization ~58%, cost ~58%).</p>	<p>Bar chart for Ekspansi 2 Unit Jetty. The y-axis is '% Utilization' (0-100) and the x-axis is '%Cost' (0-100). Three bars are shown: Jetty (utilization 88%, cost 44%), Port Draft (utilization ~78%, cost ~80%), and Cargo Pump (utilization ~58%, cost ~58%).</p>	<p>Bar chart for Ekspansi 3 Unit Jetty. The y-axis is '% Utilization' (0-100) and the x-axis is '%Cost' (0-100). Three bars are shown: Jetty (utilization 88%, cost 35%), Port Draft (utilization ~78%, cost ~80%), and Cargo Pump (utilization ~58%, cost ~58%).</p>
<i>Operating Expense</i>	Rp64,378,970,945	Rp65,873,219,692	Rp68,673,219,692
<i>Operating Expense (Future Demand)</i>	Rp173,802,799,729	Rp161,904,605,734	Rp153,079,257,149
<i>Productivity</i>	0.0159 Liter/Rupiah	0.0156 Liter/Rupiah	0.0149 Liter/Rupiah
<i>Productivity (Future Demand)</i>	0.0162 Liter/Rupiah	0.0174 Liter/Rupiah	0.0183 Liter/Rupiah

Berdasarkan Tabel 4.53, dapat diketahui bahwa ekspansi satu unit jetty menjadi tiga unit akan menurunkan utilisasi jetty dari yang sebelumnya 88% menjadi 58%. Jika ekspansi jetty dilakukan sebanyak dua unit, maka utilisasi jetty akan turun menjadi 44%. Sementara itu, apabila kapasitas jetty dikembangkan sebanyak tiga unit, maka utilisasi akan turun menjadi 35%.

Dari aspek operasional, dampak dari ekspansi jetty yang dilakukan adalah indikasi turunnya *operating expense* dan meningkatkan produktivitas pengangkutan di PT. X. Dengan menggunakan *demand* eksisting, skenario terbaik dari ekspansi jetty adalah pengembangan satu unit. Dengan skenario tersebut, *operating expense* PT. X diindikasikan dapat turun sebesar -7%, sedangkan produktivitas pengangkutan akan meningkat sebesar 8%. Apabila basis diubah menjadi *future demand*, skenario terbaik diperoleh dari ekspansi sebanyak tiga unit jetty dimana pada skenario ini *operating expense* akan turun sebesar 19% dan produktivitas pengangkutan meningkat 24%.

Setelah *constraint* jetty ditangani, sebagaimana diagram *cost-utilization* yang terdapat pada Tabel 4.53, *constraint* selanjutnya yang terdapat pada PT. X adalah *port draft*. Berdasarkan analisis *cost-utilization* yang dilakukan sebelumnya, tingkat pendayagunaan *port draft* di PT. X untuk kapal Small Tanker adalah sebesar 71%.

4.6.2.2 Simulasi Ekspansi *Constraint Port Draft* di Pelabuhan X Tanpa Memperhitungkan Pertumbuhan *Demand Pengangkutan*

Simulasi ekspansi *constraint* Port Draft dilakukan dengan tiga skenario, yaitu peningkatan kedalaman draft melalui *dredging* menjadi 5 Meter, 5,5 Meter, dan 6 Meter. Hasil dari simulasi ekspansi *constraint* Port Draft dapat dilihat pada Tabel 4.54.

Tabel 4.54 Hasil Simulasi Ekspansi *Constraint Port Draft*

Skenario	Indikator	2010	2011	2012	Rata-Rata
Kondisi Awal (Port Draft 4,5 Meter)	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (KL)	189,393	183,630	172,725	181,916
	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (% of Throughput)	24%	20%	17%	20%
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (KL)	91,542	76,040	51,697	73,093
	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (% of Throughput)	11%	8%	5%	8%
Ekspansi Port Draft Menjadi 5,5 Meter	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (KL)	52,987	43,711	31,402	42,700
	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (% of Throughput)	7%	5%	3%	5%
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (KL)	14,565	14,319	13,915	14,266
	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (% of Throughput)	2%	2%	1%	2%

Berdasarkan Tabel 4.54, dapat diketahui bahwa ekspansi *constraint* Port Draft secara umum dapat menurunkan ruang muat kapal yang tidak terutilisasi. Ekspansi menjadi kedalaman 5 meter dapat menurunkan rata-rata tidak terutilisasinya ruang muat kapal sebesar -60%. Sementara itu, ekspansi menjadi kedalaman 5,5 Meter akan menurunkan rata-rata tidak terutilisasinya ruang muat kapal sebesar -77%. Indikator yang sama juga dapat turun sebesar -92% apabila dilakukan ekspansi terhadap Port Draft menjadi 6 Meter.

4.6.2.3 Evaluasi *Benefit* Operasional Ekspansi *Constraint Port Draft* Tanpa Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Sebagaimana yang telah dilakukan pada aktivitas ekspansi *jetty*, evaluasi benefit operasional juga akan dilakukan terhadap kegiatan ekspansi Port Draft. Indikator yang digunakan untuk mengukur dampak operasional adalah *Throughput*, *Operating Expense*, *Productivity Ratio*, dan *Inventory*.

1. *Throughput*

Sebagaimana kegiatan ekspansi *jetty*, *throughput* pengangkutan selama satu periode waktu tidak berubah meskipun kapasitas Port Draft ditingkatkan. Hal tersebut disebabkan karena *throughput* pengangkutan ditentukan oleh *demand* energi yang terdapat di wilayah pelabuhan bongkar.

2. *Operating Expense*

Besar kecilnya utilisasi ruang muat kapal dalam satu pengangkutan sangat berpengaruh terhadap jumlah kapal yang dioperasikan oleh PT. X dalam satu periode waktu. Apabila utilisasi ruang muat kapal per *voyage* tidak optimal, dampak yang dapat ditanggung oleh PT. X adalah perlunya mengoperasikan kapal dalam jumlah yang lebih banyak. Berdasarkan hal ini, maka pada penelitian ini ruang muat kapal yang tidak terutilisasi akan dikonversi menjadi biaya pengoperasian kapal.

Ekuivalensi ruang muat tidak terutilisasi terhadap biaya untuk beberapa skenario ekspansi Port Draft dapat dilihat pada Tabel 4.55.

Tabel 4.55 Biaya Tidak Terutilisasinya Ruang Muat

Skenario	Ruang Muat Tidak Terutilisasi (KL)	Biaya Tidak Terutilisasinya Ruang Muat (IDR)
Kondisi Awal	181,916	7,219,802,859.36
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	73,093	2,900,894,522.69
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	42,700	1,694,653,139.05
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	14,266	566,191,657.74

Berdasarkan Tabel 4.55, pada kondisi eksisting dengan port draft sedalam 4.5 meter ruang muat yang tidak terutilisasi adalah sebesar 181.916 KL atau setara dengan 7.2 Milyar Rupiah. Apabila Port Draft dinaikkan menjadi 5 meter, maka ruang muat yang tidak terutilisasi turun menjadi setara 2,9 Milyar Rupiah. Jika Port Draft diperdalamkan

menjadi 5,5 Meter maka dampak biaya dari ruang muat yang tidak terutilisasi menjadi hanya 1,6 Milyar Rupiah. Yang terakhir, ekspansi Port Draft menjadi 6 Meter dapat menurunkan tidak terutilisasinya ruang muat menjadi hanya sebesar 0,5 Milyar Rupiah.

Dengan menggunakan konsep tersebut, maka *benefit* dari ekspansi Port Draft melalui *dredging* diperoleh melalui penurunan *Operating Expense* yang disebabkan oleh semakin rendahnya ruang muat kapal yang tidak terutilisasi dikurangi dengan biaya pelaksanaan *dredging*.

$$\text{Operating Expense Pasca Ekspansi Port Draft} = \text{Operating Expense Sebelum Ekspansi} - \text{Penurunan Biaya Akibat Peningkatan Utilisasi Ruang Muat} + \text{Biaya Dredging}$$

Hasil simulasi ekspansi Port Draft terhadap *Operating Expense* sistem pengangkutan laut di PT. X dapat dilihat pada Tabel 4.56.

Tabel 4.56 *Operating Expense* Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi Jetty dan Port Draft Sekaligus

Skenario	Operating Expense Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	69,492,361,345	65,747,987,387.93	65,116,280,384.28	64,562,353,282.97
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	64,378,970,945	60,994,284,477.95	60,722,264,964.31	60,528,025,353.00
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	65,873,219,692	62,799,940,515.61	62,839,328,291.97	62,956,495,970.66
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	68,673,219,692	65,911,347,805.61	66,262,142,871.97	66,690,717,840.66

Dari Tabel 4.56, dapat diketahui bahwa apabila tidak dilakukan ekspansi jetty, *Operating Expense* sistem pengangkutan yang ada di PT. X akan semakin menurun seiring dengan peningkatan kedalaman Port Draft. Apabila ekspansi jetty tidak dilakukan namun Port Draft diekspansi ke kedalaman 5 Meter, *Operating Expense* akan turun -5%. Jika Port Draft diekspansi menjadi 5.5 Meter dan 6 Meter, *Operating Expense* masing-masing akan turun -6% dan -7%.

Apabila ekspansi jetty dan port draft dilakukan, titik maksimal dari *Operating Expense* diperoleh ketika ekspansi jetty dilakukan menjadi tiga jetty dan kedalaman dikeruk sampai 6 Meter. Pada skenario tersebut, *Operating Expense* sistem pengangkutan laut dapat turun sebesar -13%

3. *Productivity Ratio*

Dampak dari ekspansi Port Draft terhadap perubahan *Productivity Ratio* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.57.

Tabel 4.57 *Productivity Ratio* Hasil Ekspansi Port Draft

Skenario	Produktivitas Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (L/IDR)
Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	0.0148	0.0156	0.0158	0.0159
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	0.0159	0.0168	0.0169	0.0170
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	0.0156	0.0163	0.0163	0.0163
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	0.0149	0.0156	0.0155	0.0154

Berdasarkan informasi yang terdapat pada Tabel 4.57, dapat diketahui bahwa secara umum produktivitas pengangkutan yang ada di PT. X akan mengalami peningkatan apabila dilakukan aktivitas *dredging*. Titip optimal dari *productivity ratio* dalam hal ini diperoleh ketika ekspansi jetty dilakukan menjadi tiga unit dan Port Draft dikeruk menjadi 6 meter.

4. *Inventory*

Dampak dari kegiatan ekspansi Port Draft terhadap perubahan *inventory* sistem pengangkutan laut di PT. X sebagaimana kegiatan simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.58. Dari Tabel 4.58. dapat diketahui bahwa secara umum ekspansi Port Draft dapat menurunkan *inventory* pada masing-masing skenario investasi jetty.

Tabel 4.58 *Inventory* Hasil Ekspansi Port Draft

Skenario	Inventory Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (KL Day)	Inventory Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (KL Day)	Inventory Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (KL Day)	Inventory Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (KL Day)
Kondisi Awal	1,291,600	1,182,777	1,152,384	1,123,950
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	1,583,540	1,474,717	1,444,323	1,415,890
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	2,266,158	2,157,335	2,126,941	2,098,508
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	2,992,184	2,883,361	2,852,968	2,824,534

5. Rekapitulasi Perubahan Ukuran Kinerja Operasional dengan Ekspansi Port Draft

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, maka rekapitulasi dampak dari kegiatan ekspansi kapasitas *constraint* jetty dan port draft terhadap perubahan indikator kinerja operasional adalah sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 4.59.

Tabel 4.59 Rekapitulasi Dampak Operasional Peningkatan Kapasitas Jetty dan Port Draft

Ukuran Kinerja	Ekspansi Jetty / Ekspansi Draft	Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter
Throughput (L)	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	Faktor yang dikunci sebesar 1,026,602,448 L			
	Ekspansi 1 Unit Jetty				
	Ekspansi 2 Unit Jetty				
	Ekspansi 3 Unit Jetty				
Operating Expense (Rp)	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	69,492,361,345	65,747,987,388	65,116,280,384	64,562,353,283
	Ekspansi 1 Unit Jetty	64,378,970,945	60,994,284,478	60,722,264,964	60,528,025,353
	Ekspansi 2 Unit Jetty	65,873,219,692	62,799,940,516	62,839,328,292	62,956,495,971
	Ekspansi 3 Unit Jetty	68,673,219,692	65,911,347,806	66,262,142,872	66,690,717,841
Productivity Ratio (L/Rp)	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	0.0148	0.0156	0.0158	0.0159
	Ekspansi 1 Unit Jetty	0.0159	0.0168	0.0169	0.0170
	Ekspansi 2 Unit Jetty	0.0156	0.0163	0.0163	0.0163
	Ekspansi 3 Unit Jetty	0.0149	0.0156	0.0155	0.0154
Inventory (KL/Hari)	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	1,291,600	1,182,777	1,152,384	1,123,950
	Ekspansi 1 Unit Jetty	1,583,540	1,474,717	1,444,323	1,415,890
	Ekspansi 2 Unit Jetty	2,266,158	2,157,335	2,126,941	2,098,508
	Ekspansi 3 Unit Jetty	2,992,184	2,883,361	2,852,968	2,824,534

Berdasarkan Tabel 4.59, dapat diketahui bahwa apabila tanpa mempertimbangkan pertumbuhan *demand* pengangkutan, skenario ekspansi *constraint* jetty dan *port draft* yang paling optimal dari sisi Operating Expense dan Productivity Ratio adalah dengan melakukan ekspansi 1 unit jetty dan melakukan pengerukan draft menjadi sedalam 6 Meter. Dari sisi *inventory*, solusi yang paling optimal adalah dengan tidak melakukan ekspansi *jetty* dan melakukan ekspansi *draft* menjadi sedalam 6 Meter.

4.6.2.4 Evaluasi *Benefit* Strategis Ekspansi *Constraint Port Draft* Tanpa Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Sebagaimana pada ekspansi jetty, konsep *benefit* dari ekspansi Port Draft pada layer strategis didefinisikan sebagai reduksi ruang muat kapal yang tidak terutilisasi dikurangi dengan tambahan biaya investasi dan biaya operasional dari aktivitas *dredging*. Formula *Net Benefit* dari ekspansi Port Draft adalah sebagai berikut

$$\text{Net Benefit} = \sum \text{Reduksi Ruang Muat Tidak Terutilisasi} - \text{Marginal Additional Cost Port Draft} \dots\dots\dots (4.20)$$

Berdasarkan hasil simulasi, maka dampak ekspansi Port Draft terhadap *Net Benefit* dapat dilihat pada Tabel 4.60.

Tabel 4.60 *Net Benefit* Ekspansi Port Draft

Skenario	Net Profit Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	Net Profit Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	Net Profit Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	Net Profit Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Kondisi Awal	-	3,744,373,957	4,376,080,960	4,930,008,062
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	5,113,390,399.98	8,498,076,867	8,770,096,380	8,964,335,992
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	4,219,141,652.31	7,292,420,829	7,253,033,053	7,135,865,374
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	2,619,141,652.31	5,381,013,539	5,030,218,473	4,601,643,504

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Apabila PT. X tidak melakukan upaya *constraint elevation* pada *jetty* dan *port draft*, maka PT. X tidak akan memperoleh *Net Benefit* apapun.
2. Jika PT. X hanya melakukan upaya *constraint elevation* pada aspek *jetty*, maka *Net Profit* tertinggi diperoleh ketika *jetty* dikembangkan menjadi 5 unit. Pada kondisi ini, PT. X akan memperoleh *Net Benefit* sebesar 2.6 Milyar Rupiah.
3. Jika PT. X melakukan upaya *constraint elevation* pada aspek *jetty* dan *port draft*, maka *Net Profit* yang optimal akan diperoleh jika PT. X mengembangkan *jetty* menjadi 3 unit dan melakukan *dredging* sehingga *port draft* menjadi 6 Meter.

Sementara itu, simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *Cost-Benefit Analysis* memberikan hasil sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.61.

Tabel 4.61 *Cost Benefit Ratio* Ekspansi Jetty dan Port Draft

Skenario	Net Profit Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	Net Profit Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	Net Profit Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	Net Profit Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Kondisi Awal	-	7.52	4.81	3.86
Ekspansi Kapasitas Jetty 50%	4.20	4.35	3.53	3.04
Ekspansi Kapasitas Jetty 100%	2.32	2.64	2.27	2.03
Ekspansi Kapasitas Jetty 150%	1.55	1.85	1.64	1.49

4.6.2.5 Simulasi Ekspansi Kapasitas *Port Draft* di Pelabuhan X dengan Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Sebagaimana simulasi pada ekspansi *jetty*, pada ekspansi port draft dengan mempertimbangkan pertumbuhan *demand* pengangkutan didasarkan pada asumsi formula 4.17 dan 4.18.

Hasil simulasi ekspansi port draft dengan mempertimbangkan pertumbuhan *demand* pengangkutan kedepan, dapat dilihat pada Tabel 4.62.

Tabel 4.62 Hasil Proyeksi dan Simulasi Ekspansi Port Draft Berbasis Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

No	Year	Jumlah Kedatangan Kapal	Throughput (KL)	Port Draft	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (KL)	Biaya Akibat Ruang Muat Tidak Terutilisasi (IDR)
1	2013	400	1,026,602.45	4.5	181,916	7,219,802,859.36
				5	73,093	2,900,894,522.69
				5.5	42,700	1,694,653,139.05
				6	14,266	566,191,657.74
2	2014	430	1,103,597.63	4.5	196,469	7,797,387,088.11
				5	78,210	3,103,957,139.28
				5.5	45,262	1,796,332,327.39
				6	15,122	600,163,157.21
3	2015	462	1,186,367.45	4.5	212,187	8,421,178,055.16
				5	82,120	3,259,154,996.25
				5.5	49,335	1,958,002,236.86
				6	16,030	636,172,946.64

No	Year	Jumlah Kedatangan Kapal	Throughput (KL)	Port Draft	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (KL)	Biaya Akibat Ruang Muat Tidak Terutilisasi (IDR)
4	2016	497	1,275,345.01	4.5	222,796	8,842,236,957.91
				5	89,511	3,552,478,945.91
				5.5	53,282	2,114,642,415.81
				6	17,312	687,066,782.37
5	2017	534	1,370,995.89	4.5	240,620	9,549,615,914.55
				5	93,987	3,730,102,893.21
				5.5	55,946	2,220,374,536.60
				6	18,351	728,290,789.31
6	2018	574	1,473,820.58	4.5	262,276	10,409,081,346.86
				5	101,506	4,028,511,124.66
				5.5	60,422	2,398,004,499.53
				6	19,268	764,705,328.78
7	2019	617	1,584,357.12	4.5	275,390	10,929,535,414.20
				5	107,596	4,270,221,792.14
				5.5	64,652	2,565,864,814.49
				6	20,424	810,587,648.50
8	2020	663	1,703,183.91	4.5	300,175	11,913,193,601.48
				5	114,052	4,526,435,099.67
				5.5	69,824	2,771,133,999.65
				6	22,058	875,434,660.38
9	2021	713	1,830,922.70	4.5	324,189	12,866,249,089.60
				5	122,035	4,843,285,556.65
				5.5	74,013	2,937,402,039.63
				6	23,161	919,206,393.40
10	2022	766	1,968,241.90	4.5	353,366	14,024,211,507.66
				5	129,358	5,133,882,690.05
				5.5	79,934	3,172,394,202.80
				6	24,319	965,166,713.07
11	2023	823	2,115,860.05	4.5	385,169	15,286,390,543.35
				5	141,000	5,595,932,132.15
				5.5	84,730	3,362,737,854.97
				6	25,778	1,023,076,715.86
12	2024	885	2,274,549.55	4.5	412,130	16,356,437,881.38
				5	152,280	6,043,606,702.72
				5.5	88,967	3,530,874,747.72
				6	27,067	1,074,230,551.65
13	2025	951	2,445,140.77	4.5	432,737	17,174,259,775.45
				5	159,894	6,345,787,037.86
				5.5	96,084	3,813,344,727.54
				6	28,421	1,127,942,079.23
14	2026	1022	2,628,526.32	4.5	454,374	18,032,972,764.22
				5	171,086	6,789,992,130.51
				5.5	104,732	4,156,545,753.02
				6	30,694	1,218,177,445.57
15	2027	1099	2,825,665.80	4.5	490,724	19,475,610,585.36
				5	179,641	7,129,491,737.03

No	Year	Jumlah Kedatangan Kapal	Throughput (KL)	Port Draft	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Akibat Draft Limitation (KL)	Biaya Akibat Ruang Muat Tidak Terutilisasi (IDR)
				5.5	111,016	4,405,938,498.20
				6	32,843	1,303,449,866.76
16	2028	1181	3,037,590.73	4.5	520,167	20,644,147,220.48
				5	190,419	7,557,261,241.26
				5.5	118,787	4,714,354,193.07
				6	35,142	1,394,691,357.44
17	2029	1270	3,265,410.04	4.5	566,982	22,502,120,470.33
				5	207,557	8,237,414,752.97
				5.5	125,914	4,997,215,444.66
				6	36,899	1,464,425,925.31
18	2030	1365	3,510,315.79	4.5	612,341	24,302,290,107.95
				5	220,010	8,731,659,638.15
				5.5	135,987	5,396,992,680.23
				6	38,744	1,537,647,221.57
19	2031	1467	3,773,589.48	4.5	661,328	26,246,473,316.59
				5	235,411	9,342,875,812.82
				5.5	148,226	5,882,722,021.45
				6	42,231	1,676,035,471.51
20	2032	1577	4,056,608.69	4.5	694,394	27,558,796,982.42
				5	251,890	9,996,877,119.71
				5.5	161,566	6,412,167,003.38
				6	45,609	1,810,118,309.24
21	2033	1695	4,360,854.34	4.5	749,946	29,763,500,741.01
				5	269,522	10,696,658,518.09
				5.5	174,492	6,925,140,363.65
				6	49,258	1,954,927,773.97
22	2034	1822	4,687,918.41	4.5	802,442	31,846,945,792.89
				5	288,388	11,445,424,614.36
				5.5	190,196	7,548,402,996.38
				6	52,213	2,072,223,440.41
23	2035	1959	5,039,512.29	4.5	858,613	34,076,231,998.39
				5	311,460	12,361,058,583.51
				5.5	201,608	8,001,307,176.16
				6	54,824	2,175,834,612.43
24	2036	2106	5,417,475.72	4.5	918,716	36,461,568,238.27
				5	330,147	13,102,722,098.52
				5.5	215,720	8,561,398,678.49
				6	59,758	2,371,659,727.55
25	2037	2264	5,823,786.40	4.5	992,213	39,378,493,697.34
				5	346,654	13,757,858,203.45
				5.5	228,663	9,075,082,599.20
				6	63,344	2,513,959,311.21
26	2038	2434	6,260,570.38	4.5	1,051,746	41,741,203,319.18
				5	363,987	14,445,751,113.62
				5.5	249,243	9,891,840,033.13
				6	67,778	2,689,936,462.99

4.6.2.6 Evaluasi *Benefit* Operasional Ekspansi *Constraint Port Draft* Dengan Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Sebagaimana yang telah dilakukan pada aktivitas ekspansi *port draft*, evaluasi benefit operasional dengan mempertimbangkan *demand* pengangkutan juga akan dilakukan terhadap kegiatan ekspansi Port Draft. Indikator yang digunakan untuk mengukur dampak operasional adalah *Throughput*, *Operating Expense*, *Productivity Ratio*, dan *Inventory*.

1. *Throughput*

Sebagaimana kegiatan ekspansi *jetty*, *throughput* pengangkutan selama satu periode waktu tidak berubah meskipun kapasitas Port Draft ditingkatkan. Hal tersebut disebabkan karena *throughput* pengangkutan ditentukan oleh *demand* energi yang terdapat di wilayah pelabuhan bongkar.

2. *Operating Expense*

Operating Expense dihitung dari biaya operasional kapal dan infrastruktur pelabuhan. Nilai proyeksi *Operating Expense* di PT X dengan beberapa skenario jumlah *port draft* di masa yang akan datang adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.63.

Tabel 4.63 *Operating Expense* Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi Jetty dan Port Draft Sekaligus

Skenario	Operating Expense Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	188,957,684,600	179,515,101,467	177,072,407,184	174,399,442,176
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	173,802,799,729	164,719,904,087	162,636,897,294	160,323,619,775
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	161,904,605,734	153,133,117,382	151,361,517,879	149,359,647,651
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	153,079,257,149	144,619,176,087	143,158,983,874	141,468,520,936

Dari Tabel 4.63, dapat diketahui bahwa jika pertumbuhan *demand* pengangkutan dipertimbangkan, maka skenario ekspansi kapasitas *port draft* menjadi 6 Meter dan ekspansi jetty menjadi 5 unit akan memberikan nilai *Operating Expense* terendah. Hal tersebut dapat menurunkan *Operating Expense* sebesar -25%.

3. *Productivity Ratio*

Dampak dari ekspansi Port Draft terhadap perubahan *Productivity Ratio* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.64.

Tabel 4.64 *Productivity Ratio* Hasil Ekspansi Port Draft

Skenario	Produktivitas Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (L/IDR)
Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	0.0148	0.0156	0.0158	0.0160
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	0.0162	0.0171	0.0173	0.0175
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	0.0174	0.0184	0.0186	0.0188
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	0.0183	0.0194	0.0195	0.0197

Berdasarkan informasi yang terdapat pada Tabel 4.64, dapat diketahui bahwa secara umum produktivitas pengangkutan yang ada di PT. X akan mengalami peningkatan apabila dilakukan aktivitas *dredging*. Titip optimal dari *productivity ratio* dalam hal ini diperoleh ketika ekspansi *jetty* dilakukan menjadi lima unit dan *Port Draft* dikeruk menjadi 6 Meter.

4. *Inventory*

Dampak dari kegiatan ekspansi Port Draft terhadap perubahan *inventory* sistem pengangkutan laut di PT. X sebagaimana kegiatan simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.65. Dari Tabel 4.65 dapat diketahui bahwa secara umum ekspansi Port Draft dapat menurunkan *inventory* pada masing-masing skenario investasi jetty.

Tabel 4.65 Inventory Hasil Ekspansi Port Draft

Skenario	Inventory Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (KL Day)	Inventory Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (KL Day)	Inventory Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (KL Day)	Inventory Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (KL Day)
Kondisi Awal	331,972	177,645	129,248	72,191
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	563,571	409,244	360,847	303,790
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	926,219	771,892	723,495	666,438
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	1,386,507	1,232,180	1,183,783	1,126,726

Berdasarkan T dapat diketahui bahwa pada pengerukan menjadi 6 Meter dengan jumlah *jetty* 2 unit menghasilkan nilai *inventory* terendah, yaitu turun sebesar 78% dari kondisi awal.

5. Rekapitulasi Perubahan Ukuran Kinerja Operasional dengan Ekspansi Port Draft

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, maka rekapitulasi dampak dari kegiatan ekspansi kapasitas *constraint* jetty dan port draft terhadap perubahan indikator kinerja operasional adalah sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 4.66.

Tabel 4.66 Rekapitulasi Dampak Operasional Peningkatan Kapasitas Jetty dan Port Draft

Ukuran Kinerja	Ekspansi Ekspansi Draft Jetty	Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter
Throughput (L)	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	Faktor yang dikunci sebesar 1,026,602,448 L			
	Ekspansi 1 Unit Jetty				
	Ekspansi 2 Unit Jetty				
	Ekspansi 3 Unit Jetty				
Operating Expense (Rp)	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	188,957,684,600	179,515,101,467	177,072,407,184	174,399,442,176
	Ekspansi 1 Unit Jetty	173,802,799,729	164,719,904,087	162,636,897,294	160,323,619,775
	Ekspansi 2 Unit Jetty	161,904,605,734	153,133,117,382	151,361,517,879	149,359,647,651
	Ekspansi 3 Unit Jetty	153,079,257,149	144,619,176,087	143,158,983,874	141,468,520,936

Ukuran Kinerja	Ekspansi Ekspansi Draft Jetty	Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter
Productivity Ratio (L/Rp)	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	0.0148	0.0156	0.0158	0.0160
	Ekspansi 1 Unit Jetty	0.0162	0.0171	0.0173	0.0175
	Ekspansi 2 Unit Jetty	0.0174	0.0184	0.0186	0.0188
	Ekspansi 3 Unit Jetty	0.0183	0.0194	0.0195	0.0197
Inventory (KLhari)	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	331,972	177,645	129,248	72,191
	Ekspansi 1 Unit Jetty	563,571	409,244	360,847	303,790
	Ekspansi 2 Unit Jetty	926,219	771,892	723,495	666,438
	Ekspansi 3 Unit Jetty	1,386,507	1,232,180	1,183,783	1,126,726

Berdasarkan Tabel 4.66, dapat diketahui bahwa apabila pertumbuhan *demand* pengangkutan dipertimbangkan, maka skenario ekspansi *constraint* jetty dan *port draft* yang paling optimal dari sisi Operating Expense dan Productivity Ratio adalah dengan melakukan ekspansi 3 unit jetty dan melakukan pengerukan draft menjadi sedalam 6 Meter. Dari sisi *inventory*, solusi yang paling optimal adalah dengan tidak melakukan ekspansi *jetty* dan melakukan ekspansi *draft* menjadi sedalam 6 Meter.

4.6.2.7 Evaluasi *Benefit* Strategis Ekspansi *Constraint* Port Draft Dengan Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Konsep *benefit* dari ekspansi *Port Draft* pada layer strategis didefinisikan sebagai reduksi ruang muat kapal yang tidak terutilisasi dikurangi dengan tambahan biaya investasi dan biaya operasional dari aktivitas *dredging*. Berdasarkan hasil simulasi, maka dampak ekspansi Port Draft terhadap *Net Benefit* dapat dilihat pada Tabel 4.67.

Tabel 4.67 NPV Ekspansi Port Draft

Skenario	NPV Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	NPV Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	NPV Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	NPV Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Kondisi Awal	-	58,468,192,737	72,631,868,206	87,643,083,509
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	95,932,582,963	153,190,868,348	164,219,339,155	176,095,349,796
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	157,952,308,056	214,421,518,930	222,735,617,916	231,897,256,735
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	190,395,349,278	246,075,485,641	251,675,212,806	257,352,360,880

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Apabila PT. X tidak melakukan upaya *constraint elevation* pada *jetty* dan *port draft*, maka PT. X tidak akan memperoleh *Net Benefit* apapun.
2. Jika PT. X hanya melakukan upaya *constraint elevation* pada aspek *jetty*, maka *Net Profit* tertinggi diperoleh ketika *jetty* dikembangkan menjadi 5 unit. Pada kondisi ini, PT. X akan memperoleh *Net Benefit* sebesar 2.6 Milyar Rupiah.
3. Jika PT. X melakukan upaya *constraint elevation* pada aspek *jetty* dan *port draft*, maka *Net Profit* yang optimal akan diperoleh jika PT. X mengembangkan *jetty* menjadi 5 unit dan melakukan *dradging* sehingga *port draft* menjadi 6 Meter.

Sementara itu, simulasi yang dilakukan dengan menggunakan indikator *IRR* memberikan hasil sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.68.

Tabel 4.68 IRR Ekspansi Jetty dan Port Draft

Skenario	IRR Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	IRR Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	IRR Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	IRR Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Kondisi Awal	-	57%	36%	29%

Skenario	IRR Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	IRR Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	IRR Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	IRR Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	41%	40%	31%	27%
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	29%	29%	24%	21%
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	21%	22%	19%	17%

Berdasarkan indikator IRR, dapat diketahui bahwa skenario ekspansi constraints yang memberikan *rate of return* tertinggi adalah pengerukan *draft* menjadi 5 Meter tanpa melalui investasi *jetty*.

Sementara itu, simulasi yang dilakukan dengan menggunakan indikator *REI* memberikan hasil sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.69.

Tabel 4.69 *REI* Ekspansi Jetty dan Port Draft

Skenario	REI Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	REI Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	REI Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	REI Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Kondisi Awal	-	46.51	30.23	25.20
Ekspansi Menjadi 3 Jetty	5.90	8.31	8.33	8.42
Ekspansi Menjadi 4 Jetty	5.40	6.56	6.55	6.58
Ekspansi Menjadi 5 Jetty	4.90	5.63	5.60	5.60

Berdasarkan indikator *REI*, dapat diketahui bahwa skenario ekspansi constraints yang memberikan rasio tertinggi adalah pengerukan *draft* menjadi 5 Meter tanpa melalui investasi *jetty*.

4.6.2.8 Pencarian Titik Optimal Ekspansi Constraint Ditinjau dari Aspek Strategis

Berdasarkan kegiatan simulasi yang telah dilakukan, maka perbandingan skenario ekspansi *constraint* jetty dan port draft ditinjau dari aspek strategis dapat dilihat pada Tabel 4.70.

Tabel 4.70 Rekapitulasi Ukuran Kinerja Strategis Kegiatan Pengembangan Jetty dan Port Draft

Ukuran Kinerja	Ekspansi Ekspansi Draft Jetty	Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter
NPV	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	-	58,468,192,737	72,631,868,206	87,643,083,509
	Ekspansi 1 Unit Jetty	95,932,582,963	153,190,868,348	164,219,339,155	176,095,349,796
	Ekspansi 2 Unit Jetty	157,952,308,056	214,421,518,930	222,735,617,916	231,897,256,735
	Ekspansi 3 Unit Jetty	190,395,349,278	246,075,485,641	251,675,212,806	257,352,360,880
IRR	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	-	57%	36%	29%
	Ekspansi 1 Unit Jetty	41%	40%	31%	27%
	Ekspansi 2 Unit Jetty	29%	29%	24%	21%
	Ekspansi 3 Unit Jetty	21%	22%	19%	17%
REI	Tidak Dilakukan Ekspansi Jetty	-	46.51	30.23	25.20
	Ekspansi 1 Unit Jetty	5.90	8.31	8.33	8.42
	Ekspansi 2 Unit Jetty	5.40	6.56	6.55	6.58
	Ekspansi 3 Unit Jetty	4.90	5.63	5.60	5.60

Dari Tabel 4.70, dapat diketahui bahwa dari sisi NPV *Cash Flow* kegiatan ekspansi *constraint jetty* menjadi 5 unit dan pengerukan draft mejadi 6 Meter akan menghasilkan nilai terbesar. Meskipun demikian, apabila ditinjau dari aspek IRR dan Benefit-Cost Ratio, skenario pengerukan draft menjadi 5 Meter tanpa investasi akan memberikan nilai terbaik.

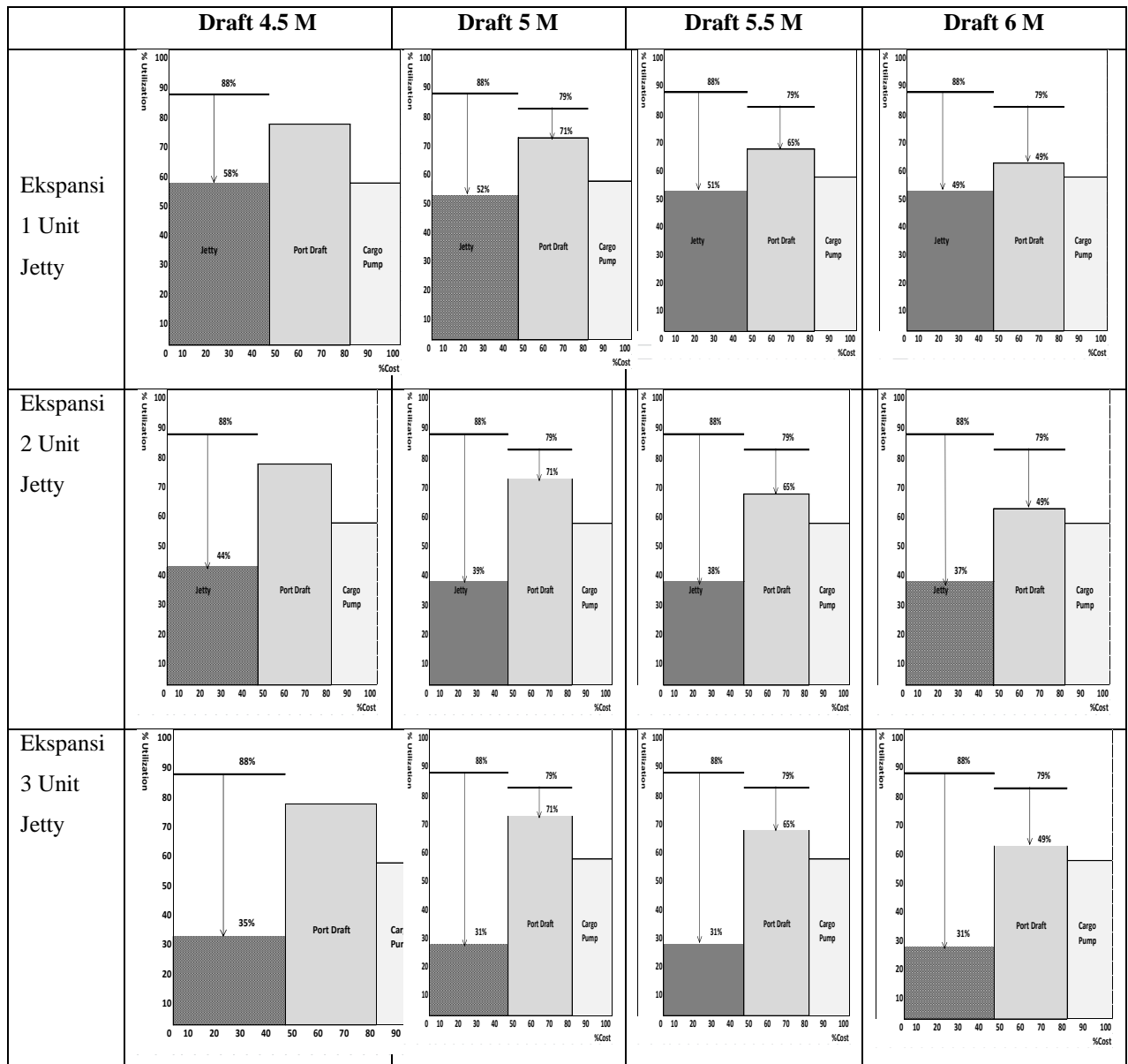
4.6.3 Ekspansi *Constraint* Kapasitas *Cargo Pumping*

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, kegiatan ekspansi *constraint* jetty dan *port draft* diindikasikan akan meningkatkan kinerja dari sistem pengangkutan laut yang terdapat di PT. X, baik untuk *layer* strategis maupun operasional. Berdasarkan hal tersebut, proses perbaikan selanjutnya sebagaimana metode POOGI adalah kembali ke langkah satu, yaitu mengidentifikasi *constraint* yang lain.

4.6.3.1 Kondisi *Constraint* dari Sistem Transportasi Laut di PT. X Pasca Ekspansi Jetty dan Port Draft

Kondisi utilisasi sumber daya yang berpengaruh signifikan terhadap produktivitas pengangkutan laut di PT. X pasca ekspansi jetty dan port draft terdapat dapat dilihat pada Tabel 4.71.

Tabel 4.71 Kondisi *Constraint* Sistem Angkutan Laut di PT. X Pasca Ekspansi Jetty dan Port Draft



Berdasarkan Tabel 4.71, dapat diketahui bahwa ekspansi *port draft* selain menurunkan tingkat utilisasi dari kapasitas draft juga akan menurunkan tingkat utilisasi jetty. Hal tersebut disebabkan oleh semakin turunnya kapasitas ruang muat kapal yang tidak terutilisasi, sehingga berdampak pada turunya *ship calls* yang diperlukan untuk memenuhi *demand* pengangkutan. Ekspansi *port draft* melalui aktivitas *dredging* dari yang sebelumnya adalah 4.5 Meter menjadi 5 Meter, 5.5 Meter, dan 6 Meter akan membuat tingkat utilisasi *port draft* turun dari yang sebelumnya 79% menjadi secara berturut-turut 71%, 65%, dan 49%. Dari aspek tingkat utilisasi jetty, kegiatan ekspansi *port draft* untuk ekspansi 1 unit jetty akan menurunkan tingkat utilisasi *jetty* dari yang

sebelumnya 58% menjadi 52%, 51%, dan 49% untuk pengerukan menjadi 5 Meter, 5.5 Meter, dan 6 Meter. Kondisi penurunan tingkat utilisasi *jetty* juga ditemukan untuk skenario jumlah *jetty* yang lain.

Setelah *constraint jetty* dan *port draft* ditangani, sebagaimana diagram *cost-utilization* yang terdapat pada Tabel 4.65, *constraint* selanjutnya yang terdapat pada PT. X adalah *cargo pumping*. Berdasarkan analisis *cost-utilization* yang dilakukan sebelumnya, tingkat pendayagunaan *cargo pumping* di PT. X adalah sebesar 56%.

4.6.3.2 Simulasi Ekspansi *Constraint* Pompa Darat di Pelabuhan X Tanpa Memperhitungkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Simulasi ekspansi *constraint* pompa darat dilakukan dengan tiga skenario, yaitu peningkatan pompa darat menjadi 450KL/Jam, 500 KL/Jam, dan 550KL/Jam. Hasil dari simulasi ekspansi *constraint* pompa darat dapat dilihat pada Tabel 4.72.

Tabel 4.72 Hasil Simulasi Ekspansi *Constraint* Pompa Darat

Skenario	Indikator	2010	2011	2012	Rata-Rata
Kondisi Awal (Pompa Darat 400 KL/Jam)	Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (KL)	69,242	140,156	221,614	143,671
	Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (% Throughput)	9%	15%	22%	15%
Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam	Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (KL)	17,283	60,044	111,262	62,863
	Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (% Throughput)	2%	7%	11%	7%
Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam	Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (KL)	7,446	34,064	58,548	33,352
	Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (% Throughput)	1%	4%	6%	3%
Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam	Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (KL)	-	15,724	18,883	11,536
	Tonase Tidak Optimal Akibat Keterbatasan Pompa Darat (% Throughput)	0%	2%	2%	1%

Berdasarkan Tabel 4.72, dapat diketahui bahwa ekspansi *constraint* pompa darat secara umum dapat menurunkan tidak optimalnya utilisasi tonase. Ekspansi pompa darat menjadi 450 KL/Jam dapat menurunkan rata-rata tidak optimalnya utilisasi tonase sebesar -56%. Sementara itu, ekspansi menjadi kedalaman 500 KL/Jam akan menurunkan rata-rata tidak optimalnya utilisasi tonase sebesar -77%. Indikator yang sama juga dapat

turun sebesar -92% apabila dilakukan ekspansi terhadap pompa darat menjadi 550 KL/Jam.

4.6.3.3 Evaluasi *Benefit* Operasional Ekspansi *Constraint* Pompa Darat Tanpa Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Sebagaimana yang telah dilakukan pada aktivitas ekspansi *jetty* dan *port draft*, evaluasi *benefit* operasional juga akan dilakukan terhadap kegiatan ekspansi pompa darat. Indikator yang digunakan untuk mengukur dampak operasional adalah *Throughput*, *Operating Expense*, *Productivity Ratio*, dan *Inventory*.

1. *Throughput*

Sebagaimana kegiatan ekspansi *jetty* dan *port draft*, *throughput* pengangkutan selama satu periode waktu tidak berubah meskipun kapasitas pompa darat ditingkatkan. Hal tersebut disebabkan karena *throughput* pengangkutan ditentukan oleh *demand* energi yang terdapat di wilayah pelabuhan bongkar.

2. *Operating Expense*

Besar kecilnya utilisasi ruang muat kapal dalam satu pengangkutan sangat berpengaruh terhadap jumlah kapal yang dioperasikan oleh PT. X dalam satu periode waktu. Apabila utilisasi ruang muat kapal per *voyage* tidak optimal, dampak yang dapat ditanggung oleh PT. X adalah perlunya mengoperasikan kapal dalam jumlah yang lebih banyak. Berdasarkan hal ini, maka sebagaimana konsep pada evaluasi benefit operasional ekspansi *port draft*, pada penelitian ini ruang muat kapal yang tidak terutilisasi juga akan dikonversi menjadi biaya pengoperasian kapal.

Ekuivalensi ruang muat tidak terutilisasi terhadap biaya untuk beberapa skenario ekspansi pompa darat dapat dilihat pada Tabel 4.73.

Tabel 4.73 Dampak Biaya Tidak Optimalnya Utilisasi Ruang Muat Akibat Keterbatasan Pompa Darat

Skenario	Ruang Muat Tidak Terutilisasi (KL)	Dampak Biaya Tidak Optimalnya Utilisasi Ruang Muat (IDR)
Kondisi Awal (Pompa Darat 400 KL/Jam)	143,671	5,701,936,539.68
Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam	62,863	2,494,881,833.00
Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam	33,352	1,323,677,815.39
Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam	11,536	457,818,785.29

Berdasarkan Tabel 4.73, pada kondisi eksisting dengan *flow rate* pompa darat sebesar 400 KL/Jam ruang muat yang tidak terutilisasi adalah sebesar 143.671 KL atau setara dengan 5.7 Milyar Rupiah per tahun. Apabila *flow rate* pompa darat dinaikkan menjadi 450KL/Jam, maka ruang muat yang tidak terutilisasi turun menjadi setara 2,4 Milyar Rupiah. Jika *flow rate* pompa darat diekspansi menjadi 500 KL/Jam, maka dampak biaya dari ruang muat yang tidak terutilisasi menjadi hanya 1,3 Milyar Rupiah. Yang terakhir, ekspansi *flow rate* pompa darat yang diekspansi menjadi 550KL/Jam dapat menurunkan tidak terutilisasinya ruang muat menjadi hanya sebesar 0,45 Milyar Rupiah.

Dengan menggunakan konsep tersebut, maka *benefit* dari ekspansi pompa darat melalui investasi diperoleh melalui penurunan *Operating Expense* yang disebabkan oleh semakin rendahnya ruang muat kapal yang tidak terutilisasi dikurangi dengan tambahan biaya investasi.

$$\text{Operating Expense Pasca Ekspansi Pompa Darat} = \text{Operating Expense Sebelum Ekspansi} - \text{Penurunan Biaya Akibat Peningkatan Utilisasi Ruang Muat} + \text{Tambahan Biaya Investasi Pompa} \dots\dots\dots (4.21)$$

a. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 1 Unit Jetty

Hasil simulasi ekspansi pompa darat yang dikombinasikan dengan 1 unit ekspansi jetty dan ekspansi port draft menjadi 5 Meter sampai dengan 6 Meter dapat dilihat pada Tabel 4.74.

Tabel 4.74 *Operating Expense* Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	64,378,970,945	61,958,092,708.91	60,874,241,632.47	60,095,735,543.55
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	60,994,284,478	58,573,406,241.86	57,489,555,165.42	56,711,049,076.50
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	60,722,264,964	58,301,386,728.22	57,217,535,651.78	56,439,029,562.86
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	60,528,025,353	58,107,147,116.91	57,023,296,040.47	56,244,789,951.55

Dari Tabel 4.74, dapat diketahui bahwa titik optimal *operating expense* untuk ekspansi 1 unit jetty diperoleh ketika dikombinasikan dengan ekspansi *port draft* menjadi 6 meter dan ekspansi pompa darat menjadi 550 KL/Jam, yaitu sebesar 56 Milyar Rupiah per tahun.

b. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 2 Unit Jetty

Hasil simulasi ekspansi pompa darat yang dikombinasikan dengan 2 unit ekspansi jetty dan ekspansi port draft menjadi 5 Meter sampai dengan 6 Meter dapat dilihat pada Tabel 4.75.

Tabel 4.75 *Operating Expense* Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	65,873,219,692	63,714,400,279.44	62,659,666,850.06	61,910,278,408.20
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	62,799,940,516	60,641,121,103.05	59,586,387,673.67	58,836,999,231.81
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	62,839,328,292	60,680,508,879.41	59,625,775,450.03	58,876,387,008.17
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	62,956,495,971	60,797,676,558.10	59,742,943,128.72	58,993,554,686.86

Dari Tabel 4.75, dapat diketahui bahwa titik optimal *operating expense* untuk ekspansi 2 unit jetty diperoleh ketika dikombinasikan dengan ekspansi *port draft* menjadi 6 meter dan ekspansi pompa darat menjadi 550 KL/Jam, yaitu sebesar 58 Milyar Rupiah per tahun..

c. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 3 Unit Jetty

Hasil simulasi ekspansi pompa darat yang dikombinasikan dengan 3 unit ekspansi jetty dan ekspansi port draft menjadi 5 Meter sampai dengan 6 Meter dapat dilihat pada Tabel 4.76.

Tabel 4.76 *Operating Expense* Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	68,673,219,692	66,776,459,102.97	65,750,843,320.65	65,030,572,525.85
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	65,911,347,806	64,014,587,216.58	62,988,971,434.26	62,268,700,639.46
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	66,262,142,872	64,365,382,282.94	63,339,766,500.62	62,619,495,705.82
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	66,690,717,841	64,793,957,251.63	63,768,341,469.31	63,048,070,674.51

Dari Tabel 4.76, dapat diketahui bahwa titik optimal *operating expense* untuk ekspansi 3 unit jetty diperoleh ketika dikombinasikan dengan ekspansi *port draft* menjadi 6 meter dan ekspansi pompa darat menjadi 550 KL/Jam, yaitu sebesar 63 Milyar Rupiah per tahun.

3. *Productivity Ratio*

Pada penelitian ini, pengukuran *productivity ratio* untuk kegiatan ekspansi pompa darat juga dilakukan pada beberapa skenario pengembangan jetty dan *port draft*.

a. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 1 Unit Jetty

Dampak dari ekspansi 1 unit jetty bersama dengan *port draft* dan pompa darat terhadap perubahan *Productivity Ratio* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.77.

Tabel 4.77 *Productivity Ratio* Hasil Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	0.01595	0.01657	0.01686	0.01708
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	0.01683	0.01753	0.01786	0.01810
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	0.01691	0.01761	0.01794	0.01819
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	0.01696	0.01767	0.01800	0.01825

Berdasarkan informasi yang terdapat pada Tabel 4.77, dapat diketahui bahwa secara umum produktivitas pengangkutan yang ada di PT. X akan mengalami peningkatan apabila dilakukan aktivitas penambahan pompa darat. Titik optimal dari *productivity ratio* ketika dilakukan penambahan 1 unit jetty terdapat pada skenario dimana *port draft* dikeruk menjadi sedalam 6 Meter dan pompa ditingkatkan *flow rate*-nya menjadi 550 KL/Jam.

b. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 2 Unit Jetty

Dampak dari ekspansi 2 unit jetty bersama dengan port draft dan pompa darat terhadap perubahan *Productivity Ratio* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.78.

Tabel 4.78 *Productivity Ratio* Hasil Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	0.01558	0.01611	0.01638	0.01658
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	0.01635	0.01693	0.01723	0.01745
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	0.01634	0.01692	0.01722	0.01744
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	0.01631	0.01689	0.01718	0.01740

Berdasarkan informasi yang terdapat pada Tabel 4.78, titik optimal dari *productivity ratio* ketika dilakukan penambahan 1 unit jetty terdapat pada skenario dimana *port draft* dikeruk menjadi sedalam 5 Meter dan pompa ditingkatkan *flow rate*-nya menjadi 550 KL/Jam.

c. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 3 Unit Jetty

Dampak dari ekspansi 3 unit jetty bersama dengan port draft dan pompa darat terhadap perubahan *Productivity Ratio* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.79.

Tabel 4.79 *Productivity Ratio* Hasil Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	0.01495	0.01537	0.01561	0.01579

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	0.01558	0.01604	0.01630	0.01649
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	0.01549	0.01595	0.01621	0.01639
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	0.01539	0.01584	0.01610	0.01628

Berdasarkan informasi yang terdapat pada Tabel 4.79, titik optimal dari *productivity ratio* ketika dilakukan penambahan 1 unit jetty terdapat pada skenario dimana *port draft* dikeruk menjadi sedalam 5 Meter dan pompa ditingkatkan *flow rate*-nya menjadi 550 KL/Jam.

4. Inventory

Pada penelitian ini, pengukuran *inventory* untuk kegiatan ekspansi pompa darat juga dilakukan pada beberapa skenario pengembangan jetty dan *port draft*.

d. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 1 Unit Jetty

Dampak dari kegiatan ekspansi port draft bersama dengan ekspansi 1 unit jetty dan beberapa skenario ekspansi port draft terhadap perubahan *inventory* sistem pengangkutan laut di PT. X sebagaimana kegiatan simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.80. Dari Tabel 4.80 dapat diketahui bahwa secara umum ekspansi Port Draft dapat menurunkan *inventory* pada masing-masing skenario investasi jetty. Titik *inventory* optimal diperoleh ketika ekspansi 1 unit jetty dilakukan bersama dengan ekspansi *port draft* menjadi 6 meter dan ekspansi pompa darat menjadi 550 KL/Jam, yaitu sebesar 1,283,754 KL Hari.

Tabel 4.80 Inventory Hasil Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam (KL Day)
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	1,583,540	1,502,732	1,473,221	1,451,404
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	1,474,717	1,393,909	1,364,398	1,342,582
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	1,444,323	1,363,516	1,334,005	1,312,188

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam (KL Day)
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	1,415,890	1,335,082	1,305,571	1,283,754

e. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 2 Unit Jetty

Dampak dari kegiatan ekspansi port draft bersama dengan ekspansi 2 unit jetty dan beberapa skenario ekspansi port draft terhadap perubahan *inventory* sistem pengangkutan laut di PT. X sebagaimana kegiatan simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.81. Titik *inventory* optimal diperoleh ketika ekspansi 2 unit jetty dilakukan bersama dengan ekspansi *port draft* menjadi 6 meter dan ekspansi pompa darat menjadi 550 KL/Jam, yaitu sebesar 1,966,372 KL Hari.

Tabel 4.81 Inventory Hasil Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam (KL Day)
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	2,266,158	2,185,350	2,155,839	2,134,022
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	2,157,335	2,076,527	2,047,016	2,025,200
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	2,126,941	2,046,134	2,016,623	1,994,806
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	2,098,508	2,017,700	1,988,189	1,966,372

f. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 3 Unit Jetty

Dampak dari kegiatan ekspansi port draft bersama dengan ekspansi 3 unit jetty dan beberapa skenario ekspansi port draft terhadap perubahan *inventory* sistem pengangkutan laut di PT. X sebagaimana kegiatan simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.82. Titik *inventory* optimal diperoleh ketika ekspansi 3 unit jetty dilakukan bersama dengan ekspansi *port draft* menjadi 6 meter dan ekspansi pompa darat menjadi 550 KL/Jam, yaitu sebesar 2,692,399 KL Hari.

Tabel 4.82 Inventory Hasil Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam (KL Day)	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam (KL Day)
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	2,992,184	2,911,377	2,881,866	2,860,049
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	2,883,361	2,802,554	2,773,043	2,751,226
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	2,852,968	2,772,160	2,742,650	2,720,833
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	2,824,534	2,743,727	2,714,216	2,692,399

4.6.3.4 Evaluasi *Benefit* Strategis Ekspansi *Constraint* Pompa Darat Tanpa Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Sebagaimana pada ekspansi jetty dan *port draft*, konsep *benefit* dari ekspansi pompa darat pada layer strategis didefinisikan sebagai reduksi ruang muat kapal yang tidak terutilisasi dikurangi dengan tambahan biaya investasi dan biaya operasional dari aktivitas investasi pompa. Formula *Net Benefit* dari ekspansi pompa darat adalah sebagai berikut

$$\text{Net Benefit} = \sum \text{Reduksi Ruang Muat Tidak Terutilisasi} - \text{Marginal Additional Cost Pompa Darat} \dots\dots\dots (4.21)$$

Berdasarkan hasil simulasi, maka dampak ekspansi pompa darat terhadap *Net Benefit* dapat dilihat pada Tabel 4.83 sampai dengan Tabel 4.85.

Tabel 4.83 *Net Benefit* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 1 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	5,113,390,400	7,534,268,636.07	8,618,119,712.50	9,396,625,801.42
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	8,498,076,867	10,918,955,102.73	12,002,806,179.17	12,781,312,268.09
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	8,770,096,380	11,190,974,616.38	12,274,825,692.81	13,053,331,781.73
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	8,964,335,992	11,385,214,227.69	12,469,065,304.12	13,247,571,393.04

Tabel 4.84 *Net Benefit* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 2 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	4,219,141,652	6,377,961,064.88	7,432,694,494.25	8,182,082,936.12
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	7,292,420,829	9,451,240,241.54	10,505,973,670.92	11,255,362,112.78
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	7,253,033,053	9,411,852,465.18	10,466,585,894.56	11,215,974,336.42
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	7,135,865,374	9,294,684,786.49	10,349,418,215.87	11,098,806,657.73

Tabel 4.85 *Net Benefit* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 3 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	2,619,141,652	4,515,902,241.35	5,541,518,023.67	6,261,788,818.47
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	5,381,013,539	7,277,774,128.01	8,303,389,910.33	9,023,660,705.13
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	5,030,218,473	6,926,979,061.65	7,952,594,843.97	8,672,865,638.78
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	4,601,643,504	6,498,404,092.96	7,524,019,875.28	8,244,290,670.09

Berdasarkan perhitungan *Net Benefit* yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa apabila PT. X memiliki sumber daya untuk melakukan upaya *constraint elevation* pada aspek *jetty*, *port draft*, dan *port draft* sekaligus, maka *Net Benefit* yang optimal akan diperoleh jika PT. X mengembangkan *jetty* sebesar 1 unit menjadi 3 unit, melakukan *dradging* sehingga *port draft* menjadi 6 Meter, dan melakukan investasi pompa darat, sehingga memiliki *flow rate* 550 KL/Jam. Pada skenario ini, *Net Benefit* yang akan diperoleh oleh PT. X adalah sebesar 13,2 Milyar Rupiah per tahun.

Sementara itu, simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *Cost-Benefit Analysis* memberikan hasil sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.86 sampai dengan Tabel 4.90.

Tabel 4.86 *Cost Benefit Ratio* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 1 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	3.20	3.49	3.84	4.04
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	3.35	3.53	3.78	3.93
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	2.53	2.82	3.03	3.16
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	2.04	2.35	2.53	2.65

Tabel 4.87 *Cost Benefit Ratio* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 2 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	1.32	1.75	1.97	2.11
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	1.64	1.91	2.08	2.19
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	1.27	1.55	1.70	1.79
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	1.03	1.30	1.42	1.51

Tabel 4.88 *Cost Benefit Ratio* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 1 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	3.20	3.49	3.84	4.04
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	3.35	3.53	3.78	3.93
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	2.53	2.82	3.03	3.16
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	2.04	2.35	2.53	2.65

Tabel 4.89 *Cost Benefit Ratio* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 2 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	1.32	1.75	1.97	2.11
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	1.64	1.91	2.08	2.19
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	1.27	1.55	1.70	1.79
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	1.03	1.30	1.42	1.51

Tabel 4.90 *Cost Benefit Ratio* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi 3 Unit Jetty dan Beberapa Skenario Ekspansi Port Draft

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	0.55	0.95	1.12	1.23
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	0.85	1.12	1.25	1.34
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	0.64	0.89	1.00	1.08
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	0.49	0.72	0.82	0.89

Berdasarkan analisis *cost-benefit*, dapat diketahui bahwa skenario yang memberikan nilai Net Benefit tertinggi yaitu ekspansi 1 unit jetty yang disertai dengan *dredging* sehingga *port draft* menjadi 6 meter dan investasi pompa darat menjadi 550 KL/Jam memberikan nilai *benefit-cost ratio* sebesar 2.65, sehingga masih layak untuk dilakukan.

4.6.3.5 Evaluasi *Benefit* Operasional Ekspansi *Constraint* Pompa Darat Dengan Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Sebagaimana yang telah dilakukan pada aktivitas ekspansi *jetty* dan *port draft*, evaluasi *benefit* operasional dengan mempertimbangkan pertumbuhan *demand* juga akan dilakukan terhadap kegiatan ekspansi pompa darat. Indikator yang digunakan untuk mengukur dampak operasional adalah *Throughput*, *Operating Expense*, *Productivity Ratio*, dan *Inventory*.

1. Throughput

Sebagaimana kegiatan ekspansi *jetty* dan *port draft*, *throughput* pengangkutan selama satu periode waktu tidak berubah meskipun kapasitas pompa darat ditingkatkan. Hal tersebut disebabkan karena *throughput* pengangkutan ditentukan oleh *demand* energi yang terdapat di wilayah pelabuhan bongkar.

2. Operating Expense

Ekuivalensi ruang muat tidak terutilisasi terhadap biaya untuk beberapa skenario ekspansi pompa darat dapat dilihat pada Tabel 4.91.

Tabel 4.91 Dampak Biaya Tidak Optimalnya Utilisasi Ruang Muat Akibat Keterbatasan Pompa Darat

Skenario	Ruang Muat Tidak Terutilisasi Per Tahun (KL)	Dampak Biaya Tidak Optimalnya Utilisasi Ruang Muat Per Tahun (IDR)
Kondisi Awal (Pompa Darat 400 KL/Jam)	668,022	26,512,122,002
Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam	242,762	9,634,624,455
Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam	141,544	5,617,543,713
Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam	45,390	1,801,425,109

a. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 1 Unit Jetty

Hasil simulasi ekspansi pompa darat yang dikombinasikan dengan 1 unit ekspansi jetty menjadi 3 unit dan *port draft* dari 4.5 Meter sampai dengan 6 Meter dapat dilihat pada Tabel 4.92.

Tabel 4.92 *Operating Expense* Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus

Skenario	Operating Expense Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Kondisi Awal	173,802,799,729	164,719,904,087	162,636,897,294	160,323,619,775
Ekspansi Pompa menjadi 450 KL/Jam	157,508,811,422	148,425,915,780	146,342,908,987	144,029,631,469
Ekspansi Pompa menjadi 500 KL/Jam	155,525,209,456	146,442,313,813	144,359,307,020	142,046,029,502
Ekspansi Pompa menjadi 550 KL/Jam	152,098,213,727	143,015,318,085	140,932,311,292	138,619,033,774

Dari Tabel 4.92, dapat diketahui bahwa titik optimal *operating expense* untuk ekspansi 1 unit jetty diperoleh ketika dikombinasikan dengan ekspansi *port draft* menjadi 6 meter dan ekspansi pompa darat menjadi 550 KL/Jam, yaitu sebesar 139 Milyar Rupiah per tahun.

b. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 2 Unit Jetty

Hasil simulasi ekspansi pompa darat yang dikombinasikan dengan 2 unit ekspansi jetty dan ekspansi port draft menjadi 5 Meter sampai dengan 6 Meter dapat dilihat pada Tabel 4.93.

Tabel 4.93 *Operating Expense* Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus

Skenario	Operating Expense Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Kondisi Awal	161,880,605,734	153,133,117,382	143,022,071,291	141,319,152,061
Ekspansi Pompa menjadi 450 KL/Jam	145,584,521,390	136,849,611,428	126,738,565,337	125,035,646,107
Ekspansi Pompa menjadi 500 KL/Jam	143,645,848,977	134,867,174,167	124,756,128,076	123,214,224,780
Ekspansi Pompa menjadi 550 KL/Jam	140,254,680,200	131,441,343,145	121,330,297,054	119,627,377,824

Dari Tabel 4.93, dapat diketahui bahwa titik optimal *operating expense* untuk ekspansi 2 unit jetty diperoleh ketika dikombinasikan dengan ekspansi *port draft* menjadi 6 meter dan ekspansi pompa darat menjadi 550 KL/Jam, yaitu sebesar 119 Milyar Rupiah per tahun.

c. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 3 Unit Jetty

Hasil simulasi ekspansi pompa darat yang dikombinasikan dengan 3 unit ekspansi jetty menjadi 5 unit dan *port draft* dari 4.5 Meter sampai dengan 6 Meter dapat dilihat pada Tabel 4.94.

Tabel 4.94 *Operating Expense* Sistem Pengangkutan Laut PT. X Jika Dilakukan Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat Sekaligus

Skenario	Operating Expense Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (IDR)	Operating Expense Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (IDR)
Kondisi Awal	153,007,257,149	144,619,176,087	143,158,983,874	141,468,520,936
Ekspansi Pompa menjadi 450 KL/Jam	136,734,233,549	128,384,627,362	126,910,403,346	125,202,797,409
Ekspansi Pompa menjadi 500 KL/Jam	134,752,960,994	126,403,354,807	124,929,130,791	123,221,524,854
Ekspansi Pompa menjadi 550 KL/Jam	131,328,294,677	122,978,688,490	121,504,464,474	119,796,858,538

Dari Tabel 4.94, dapat diketahui bahwa titik optimal *operating expense* untuk ekspansi 3 unit jetty diperoleh ketika dikombinasikan dengan ekspansi *port draft* menjadi 6 meter dan ekspansi pompa darat menjadi 550 KL/Jam, yaitu sebesar 119 Milyar Rupiah per tahun.

3. *Productivity Ratio*

Pada penelitian ini, pengukuran *productivity ratio* untuk kegiatan ekspansi pompa darat juga dilakukan pada beberapa skenario pengembangan jetty dan *port draft*.

a. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 1 Unit Jetty

Dampak dari ekspansi 1 unit jetty bersama dengan port draft dan pompa darat terhadap perubahan *Productivity Ratio* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.95.

Tabel 4.95 *Productivity Ratio* Hasil Ekspansi 1 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat

Skenario	Produktivitas Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (L/IDR)
Kondisi Awal	0.0162	0.0171	0.0173	0.0175
Ekspansi Pompa menjadi 450 KL/Jam	0.0177	0.0188	0.0190	0.0193
Ekspansi Pompa menjadi 500 KL/Jam	0.0180	0.0191	0.0193	0.0196
Ekspansi Pompa menjadi 550 KL/Jam	0.0183	0.0195	0.0198	0.0201

Berdasarkan informasi yang terdapat pada Tabel 4.95, titik optimal dari *productivity ratio* diperoleh ketika dilakukan penambahan 1 unit jetty, *port draft* dikeruk menjadi sedalam 6 Meter dan pompa ditingkatkan *flow rate*-nya menjadi 550 KL/Jam.

b. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 2 Unit Jetty

Dampak dari ekspansi 2 unit jetty bersama dengan port draft dan pompa darat terhadap perubahan *Productivity Ratio* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.96.

Tabel 4.96 *Productivity Ratio* Hasil Ekspansi 2 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat

Skenario	Produktivitas Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (L/IDR)
Kondisi Awal	0.0174	0.0184	0.0195	0.0197
Ekspansi Pompa menjadi 450 KL/Jam	0.0191	0.0203	0.0218	0.0220
Ekspansi Pompa menjadi 500 KL/Jam	0.0195	0.0207	0.0222	0.0225
Ekspansi Pompa menjadi 550 KL/Jam	0.0199	0.0212	0.0228	0.0231

Berdasarkan informasi yang terdapat pada Tabel 4.96, titik optimal dari *productivity ratio* diperoleh ketika dilakukan penambahan 2 unit jetty, *port draft* dikeruk menjadi sedalam 6 Meter dan pompa ditingkatkan *flow rate*-nya menjadi 550 KL/Jam.

c. Ekspansi Pompa Darat Bersama Dengan Ekspansi 3 Unit Jetty

Dampak dari ekspansi 3 unit jetty bersama dengan port draft dan pompa darat terhadap perubahan *Productivity Ratio* adalah sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.97.

Tabel 4.97 *Productivity Ratio* Hasil Ekspansi 3 Unit Jetty, Port Draft, dan Pompa Darat

Skenario	Produktivitas Jika Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter (L/IDR)	Produktivitas Jika Dilakukan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter (L/IDR)
Kondisi Awal	0.0183	0.0194	0.0195	0.0197
Ekspansi Pompa menjadi 450 KL/Jam	0.0202	0.0216	0.0218	0.0220
Ekspansi Pompa menjadi 500 KL/Jam	0.0206	0.0220	0.0222	0.0225
Ekspansi Pompa menjadi 550 KL/Jam	0.0211	0.0226	0.0228	0.0231

Berdasarkan informasi yang terdapat pada Tabel 4.97, titik optimal dari *productivity ratio* diperoleh ketika dilakukan penambahan 3 unit jetty, *port draft* dikeruk menjadi sedalam 6 Meter dan pompa ditingkatkan *flow rate*-nya menjadi 550 KL/Jam.

4.6.3.6 Evaluasi *Benefit* Strategis Ekspansi *Constraint* Pompa Darat Dengan Mempertimbangkan Pertumbuhan *Demand* Pengangkutan

Sebagaimana pada ekspansi jetty dan *port draft*, konsep *benefit* dari ekspansi pompa darat pada layer strategis didefinisikan sebagai reduksi ruang muat kapal yang tidak terutilisasi dikurangi dengan tambahan biaya investasi dan biaya operasional dari aktivitas investasi pompa. Formula *Net Benefit* dari ekspansi pompa darat adalah sebagaimana yang terdapat pada Formula 4.21.

Berdasarkan hasil simulasi, maka dampak ekspansi pompa darat terhadap *NPV* dapat dilihat pada Tabel 4.98 sampai dengan Tabel 4.100.

Tabel 4.98 *Net Benefit* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 3 Unit

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	95,932,582,963	176,412,317,613	197,105,134,487	216,211,225,327
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	151,265,571,037	231,745,305,688	252,438,122,562	271,544,213,402
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	162,294,041,845	242,773,776,496	263,466,593,370	282,572,684,210
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	174,170,052,486	254,649,787,137	275,342,604,011	294,448,694,851

Tabel 4.99 *Net Benefit* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 4 Unit

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	157,952,308,056	238,432,042,706	259,124,859,580	278,230,950,420
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	210,570,924,309	291,050,658,960	311,743,475,833	330,849,566,674
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	218,885,023,295	299,364,757,946	320,057,574,820	339,163,665,660

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
5.5 Meter				
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	228,046,662,115	308,526,396,765	329,219,213,639	348,325,304,479

Tabel 4.100 *Net Benefit* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 5 Unit

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	190,395,349,278	270,875,083,929	291,567,900,803	310,673,991,643
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	240,299,593,710	320,779,328,361	341,472,145,235	360,578,236,075
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	245,899,320,875	326,379,055,526	347,071,872,399	366,177,963,240
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	252,346,587,873	332,826,322,524	353,519,139,398	372,625,230,238

Berdasarkan perhitungan *NPV* yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa apabila PT. X memiliki sumber daya untuk melakukan upaya *constraint elevation* pada aspek *jetty*, *port draft*, dan *port draft* sekaligus, maka *NPV* yang optimal akan diperoleh jika PT. X mengembangkan *jetty* menjadi 5 unit, melakukan *dradging* sehingga *port draft* menjadi 6 Meter, dan melakukan investasi pompa darat, sehingga memiliki *flow rate* 550 KL/Jam. Pada skenario ini, *NPV* yang akan diperoleh oleh PT. X adalah sebesar 372,6 Milyar Rupiah.

Sementara itu, simulasi yang dilakukan dengan menggunakan indikator *IRR* memberikan hasil sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.101 sampai dengan Tabel 4.103.

Tabel 4.101 *IRR* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 1 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	41.16%	34.25%	35.54%	36.27%
Ekspansi Port Draft Menjadi 5	38.63%	34.29%	35.28%	35.86%

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Meter				
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	30.69%	29.54%	30.50%	31.13%
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	26.03%	26.25%	27.15%	27.78%

Tabel 4.102 *IRR* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 2 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	29.35%	28.60%	29.59%	30.26%
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	28.30%	27.96%	28.77%	29.33%
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	23.72%	24.37%	25.13%	25.68%
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	20.67%	21.78%	22.48%	23.01%

Tabel 4.103 *IRR* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 3 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	21.34%	22.57%	23.42%	24.06%
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	21.05%	22.11%	22.82%	23.35%
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	18.08%	19.44%	20.09%	20.60%
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	15.99%	17.47%	18.06%	18.54%

Adapun simulasi yang dilakukan dengan menggunakan indikator REI memberikan hasil sebagaimana yang terdapat pada Tabel 4.104 sampai dengan tabel Tabel 4.106.

Tabel 4.104 *REI* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 1 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	5.89	9.81	10.77	11.65
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	8.31	11.55	12.40	13.17
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	8.33	11.30	12.08	12.79
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	8.42	11.15	11.87	12.53

Tabel 4.105 *REI* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 2 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	5.38	7.53	8.07	8.57
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	6.56	8.48	8.98	9.44
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	6.55	8.35	8.82	9.25
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	6.58	8.27	8.71	9.12

Tabel 4.106 *REI* Ekspansi Pompa Darat Untuk Ekspansi Jetty Menjadi 3 Unit dan Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter

Skenario	Tidak Dilakukan Ekspansi Pompa Darat	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 450 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 500 KL/Jam Draft	Ekspansi Pompa Darat Menjadi 550 KL/Jam Draft
Tidak Dilakukan Ekspansi Port Draft	4.87	6.37	6.74	7.10
Ekspansi Port Draft Menjadi 5 Meter	5.63	7.00	7.36	7.68
Ekspansi Port Draft Menjadi 5.5 Meter	5.60	6.90	7.23	7.54
Ekspansi Port Draft Menjadi 6 Meter	5.60	6.83	7.15	7.44

Berdasarkan indikator REI, dapat diketahui bahwa skenario yang memberikan nilai tertinggi adalah ekspansi jetty menjadi 3 Unit dengan *dredging* sehingga *port draft* menjadi 6 Meter dan investasi pompa darat menjadi 550 KL/Jam.

4.7 Penggunaan Rasio Efisiensi Investasi untuk Memilih Solusi Optimum

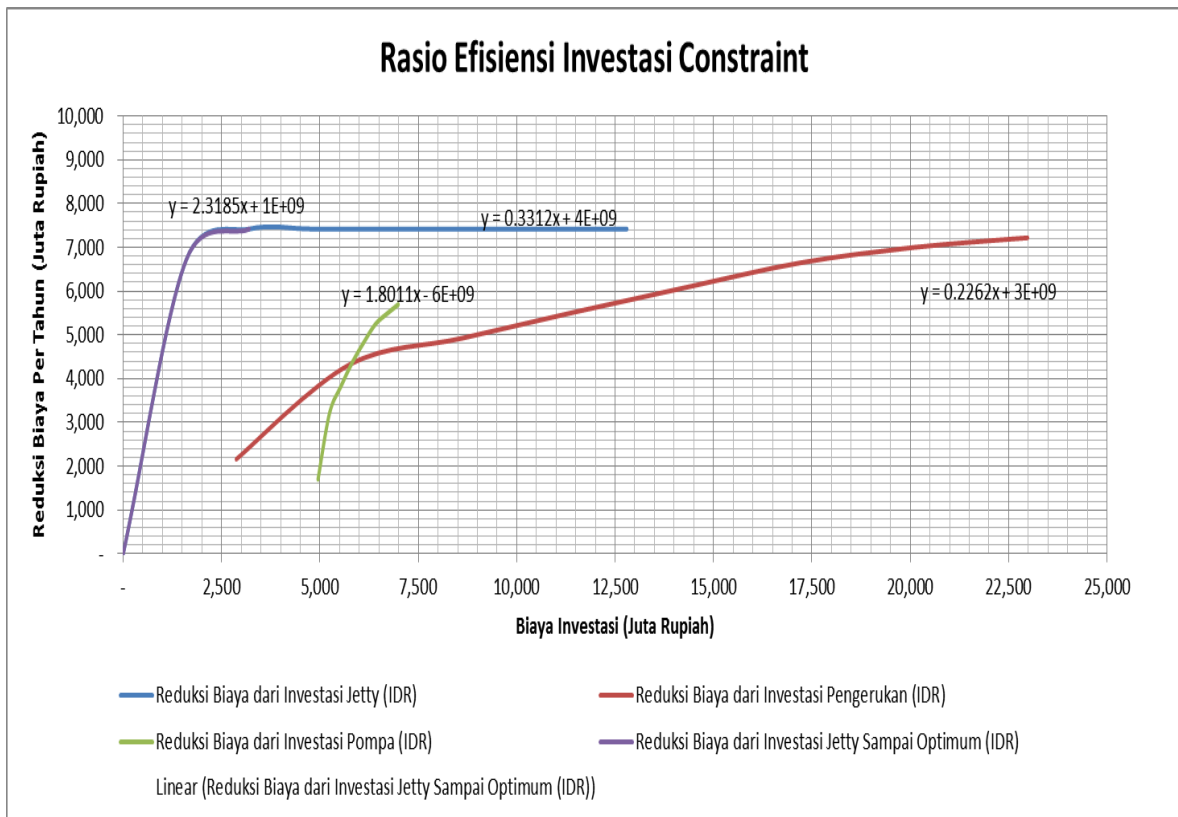
4.7.1 REI untuk Mengevaluasi Skenario *Constraint Elevation Tunggal*

Sebagaimana hasil simulasi yang telah dilakukan sebelumnya, beberapa skenario *improvement* terhadap sistem pengangkutan laut di PT. X mampu meningkatkan kinerja dari sistem, baik pada tataran operasional maupun strategis. Apabila *budget* bersifat tidak terbatas, pihak-pihak yang berkepentingan dengan sistem pengangkutan laut di PT. X dapat melaksanakan semua skenario *improvement* yang ada, sehingga kinerja dari sistem dapat meningkat. Meskipun demikian, pada praktiknya aktivitas investasi untuk melakukan *improvement* terhadap sistem senantiasa memiliki batasan berupa dana. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini telah disusun sebuah Rasio Efisiensi Investasi yang dapat digunakan untuk mengetahui perbandingan antara hasil yang diperoleh dari aktivitas investasi dengan *effort* atau biaya yang dikeluarkan pada investasi.

Karena secara umum batasan yang sering dijumpai pada aktivitas investasi adalah ketersediaan dana, maka Rasio Efisiensi Investasi pada penelitian ini akan dimanfaatkan untuk mengetahui perbandingan antara reduksi biaya operasional yang dihasilkan dari aktivitas investasi terhadap *constraint* sistem pengangkutan laut dengan jumlah uang yang diinvestasikan untuk meningkatkan kapasitas *constraint*. Secara umum, formula dari Rasio Efisiensi Investasi pada sistem pengangkutan laut di PT. X adalah sebagaimana yang terdapat pada formula 4.22.

$$REI = \frac{\Delta \text{Reduksi Biaya Operasional Sistem}}{\Delta \text{Jumlah uang yang diinvestasikan untuk meningkatkan kapasitas constraint}} \dots\dots\dots (4.22)$$

Grafik hubungan antara reduksi biaya operasional sistem pengangkutan laut di PT. X dengan jumlah uang yang diinvestasikan untuk meningkatkan kapasitas *constraint* yang dilakukan berdasarkan simulasi *ceteris paribus* dapat dilihat pada Gambar 4.26 .

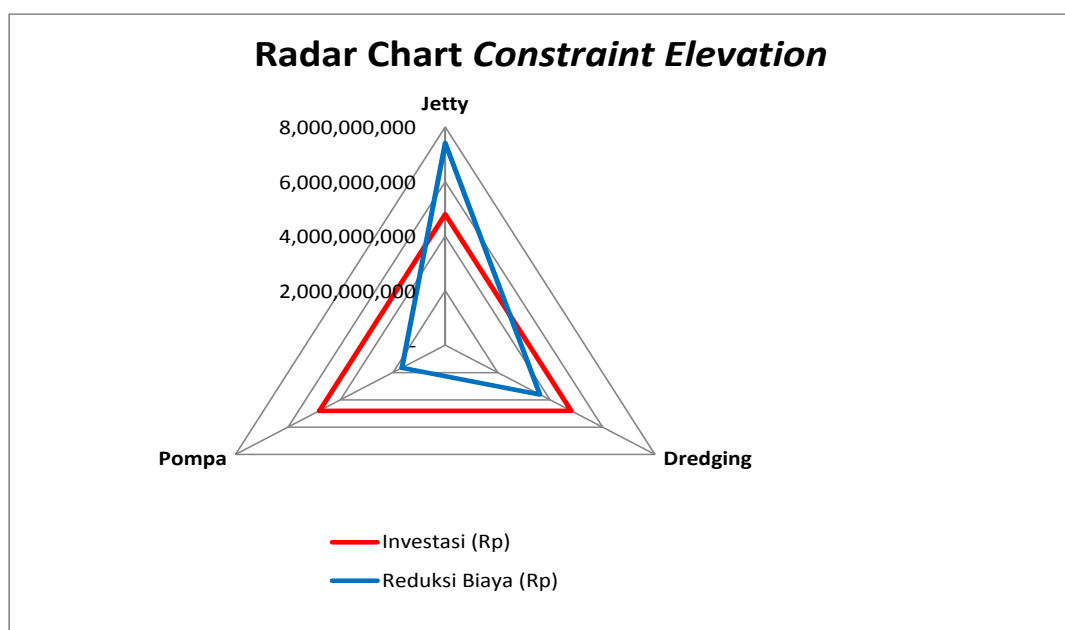


Gambar 4.26 Rasio Efisiensi Investasi Constraint

Berdasarkan Gambar 4.26, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Apabila investasi hanya dilakukan sampai dengan titik optimum dari reduksi biaya operasional, efisiensi paling tinggi diperoleh dari investasi *jetty*. *Effect Size* dari investasi jetty pada skenario ini adalah sebesar 2.3 yang berarti bahwa untuk setiap unit uang yang diinvestasikan ke *jetty*, maka dampak terhadap penurunan biaya operasional adalah sebesar 2.3 unit uang.
2. Setelah titik optimum dari reduksi biaya operasional diperoleh, investasi jetty tidak lagi memberikan dampak penurunan biaya operasional.
3. Setiap unit uang yang diinvestasikan pada kapasitas pompa darat akan berdampak pada penurunan biaya operasional sistem pengangkutan laut di PT. X sebesar 1.8 unit.
4. Untuk kegiatan *dredging*, setiap unit uang yang diinvestasikan akan berdampak pada penurunan biaya operasional sistem pengangkutan laut di PT. X sebesar 0.2 unit.

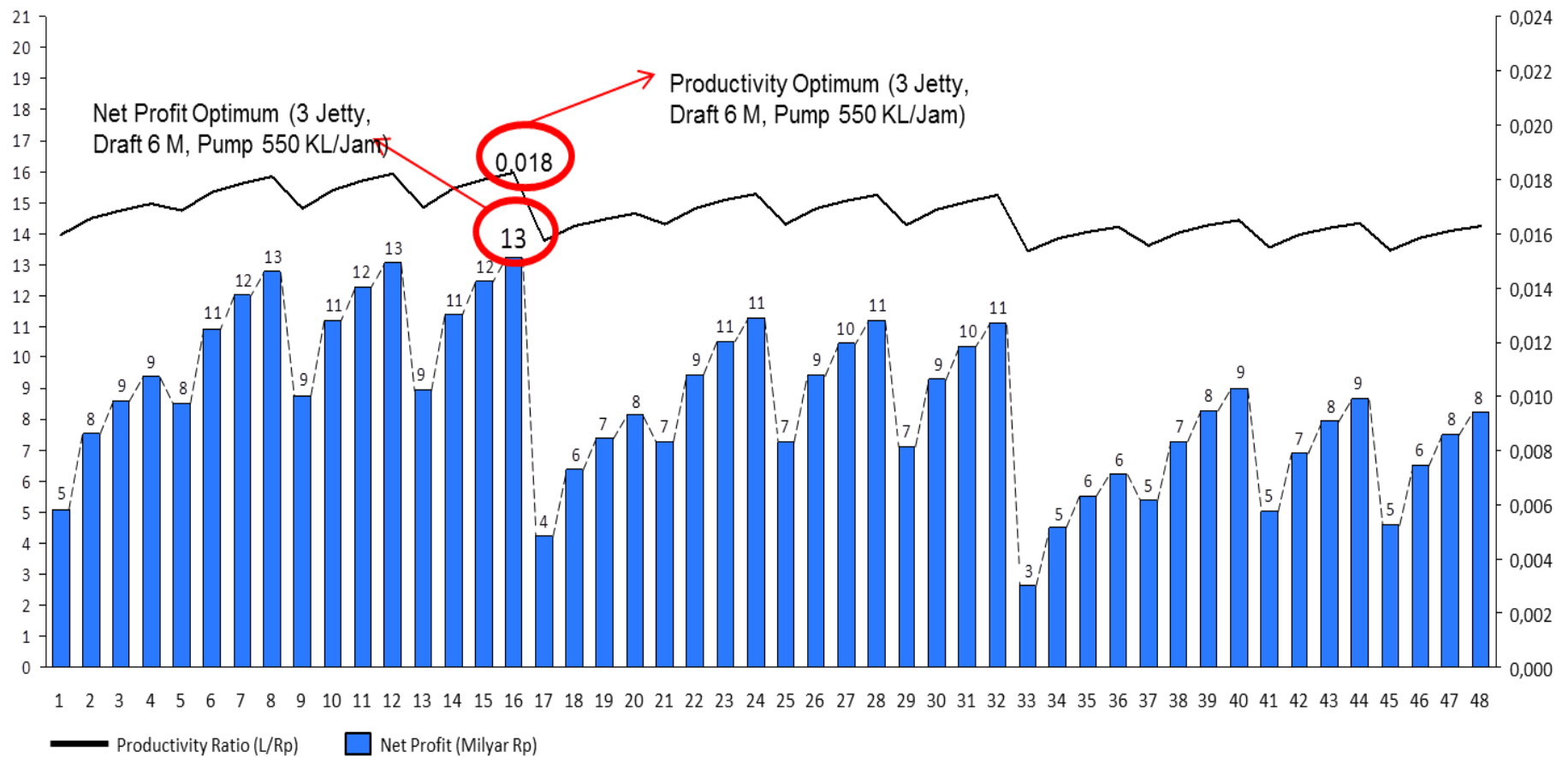
Dengan menggunakan Rasio Efisiensi Investasi, maka dapat diketahui bahwa dampak terbesar yang diperoleh dari kegiatan investasi diperoleh dari *constraint elevation* untuk jetty. Setelah *jetty*, rasio terbesar kedua diperoleh dari *improvement* terhadap kapasitas *constraint* pompa darat. Kegiatan *improvement* yang memiliki Rasio Efisiensi Investasi terendah dalam hal ini diperoleh untuk investasi *port draft*. Hubungan antara investasi yang dikeluarkan terhadap reduksi biaya dalam format radar chart dapat dilihat pada Gambar 4.27. Berdasarkan Gambar 4.27, dapat diketahui bahwa apabila investasi dilakukan untuk unit yang sama, dampak reduksi biaya yang dihasilkan dari peningkatan kapasitas *jetty* akan lebih besar dari investasi *dredging* dan peningkatan kapasitas pompa.



Gambar 4.27 Radar Chart *Constraint Elevation* yang Dilakukan Secara Tunggal

4.7.2 Evaluasi Skenario *Constraint Elevation* Jangka Pendek Secara Agregat

Sebagaimana skenario peningkatan kapasitas *constraint* yang terdapat sebelumnya, selain dilakukan secara tunggal tunggal, *constraint elevation* juga dilakukan secara bersama-sama. Rekapitulasi hasil peningkatan *constraint* yang dilakukan secara bersama-sama untuk jangka pendek dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Grafik Evaluasi Skenario *Constraint Elevation* Jangka Pendek Secara Agregat

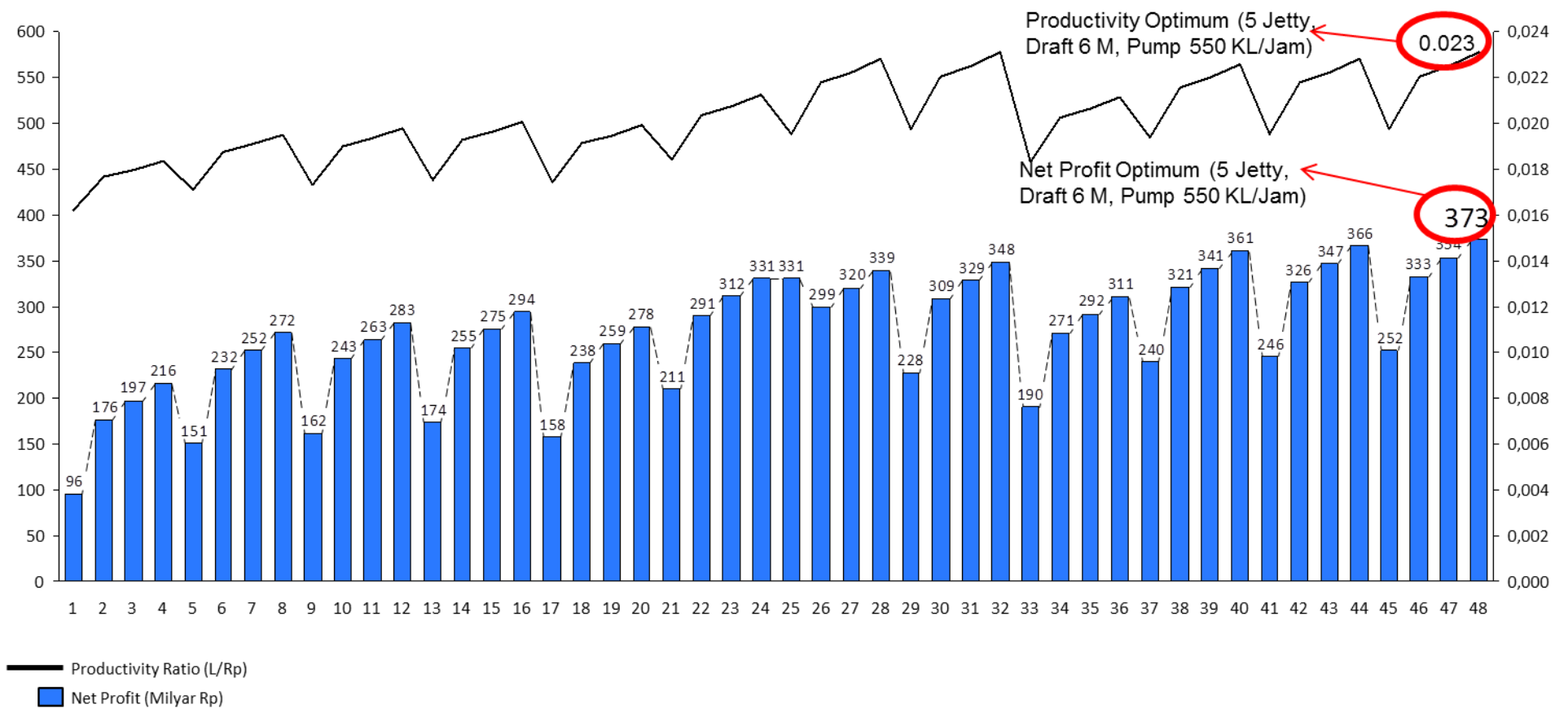
Nomenklatur Grafik:

1 : Jetty 3, Draft 4.5, Pump 400	25 : Jetty 4, Draft 5.5, Pump 400
2 : Jetty 3, Draft 4.5, Pump 450	26 : Jetty 4, Draft 5.5, Pump 450
3 : Jetty 3, Draft 4.5, Pump 500	27 : Jetty 4, Draft 5.5, Pump 500
4 : Jetty 3, Draft 4.5, Pump 550	28 : Jetty 4, Draft 5.5, Pump 550
5 : Jetty 3, Draft 5, Pump 400	29 : Jetty 4, Draft 6, Pump 400
6 : Jetty 3, Draft 5, Pump 450	30 : Jetty 4, Draft 6, Pump 450
7 : Jetty 3, Draft 5, Pump 500	31 : Jetty 4, Draft 6, Pump 500
8 : Jetty 3, Draft 5, Pump 550	32 : Jetty 4, Draft 6, Pump 550
9 : Jetty 3, Draft 5.5, Pump 400	33 : Jetty 5, Draft 4.5, Pump 400
10 : Jetty 3, Draft 5.5, Pump 450	34 : Jetty 5, Draft 4.5, Pump 450
11 : Jetty 3, Draft 5.5, Pump 500	35 : Jetty 5, Draft 4.5, Pump 500
12 : Jetty 3, Draft 5.5, Pump 550	36 : Jetty 5, Draft 4.5, Pump 550
13 : Jetty 3, Draft 6, Pump 400	37 : Jetty 5, Draft 5, Pump 400
14 : Jetty 3, Draft 6, Pump 450	38 : Jetty 5, Draft 5, Pump 450
15 : Jetty 3, Draft 6, Pump 500	39 : Jetty 5, Draft 5, Pump 500
16 : Jetty 3, Draft 6, Pump 550	40 : Jetty 5, Draft 5, Pump 550
17 : Jetty 4, Draft 4.5, Pump 400	41 : Jetty 5, Draft 5.5, Pump 400
18 : Jetty 4, Draft 4.5, Pump 450	42 : Jetty 5, Draft 5.5, Pump 450
19 : Jetty 4, Draft 4.5, Pump 500	43 : Jetty 5, Draft 5.5, Pump 500
20 : Jetty 4, Draft 4.5, Pump 550	44 : Jetty 5, Draft 5.5, Pump 550
21 : Jetty 4, Draft 5, Pump 400	45 : Jetty 5, Draft 6, Pump 400
22 : Jetty 4, Draft 5, Pump 450	46 : Jetty 5, Draft 6, Pump 450
23 : Jetty 4, Draft 5, Pump 500	47 : Jetty 5, Draft 6, Pump 500
24 : Jetty 4, Draft 5, Pump 550	48 : Jetty 5, Draft 6, Pump 550

Gambar 4.27 menunjukkan hubungan antara beberapa skenario investasi *jetty*, pompa, dan port draft terhadap penurunan biaya operasional sistem transportasi laut di PT. X. Berdasarkan Gambar 4.27, dapat diketahui bahwa *productivity ratio* dan *net profit* optimum yang dapat dicapai dengan skenario yang ada adalah masing-masing sebesar 0.018 L/Rp dan 13 Miliar Rupiah. Kondisi tersebut diperoleh dengan melakukan investasi kapasitas *jetty* menjadi 3 unit, pengerukan menjadi sedalam 6 Meter, dan penambahan kapasitas pompa darat menjadi sebesar 550 KL/Jam.

4.7.3 Evaluasi Skenario *Constraint Elevation* Jangka Panjang Secara Agregat

Sebagaimana skenario peningkatan kapasitas *constraint* yang terdapat sebelumnya, selain dilakukan secara tunggal tunggal, *constraint elevation* juga dilakukan secara bersama-sama. Rekapitulasi hasil peningkatan *constraint* yang dilakukan secara bersama-sama untuk jangka pendek dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.29 Grafik Evaluasi Skenario *Constraint Elevation* Jangka Panjang Secara Agregat

Nomenklatur Grafik:

1 : Jetty 3, Draft 4.5, Pump 400	25 : Jetty 4, Draft 5.5, Pump 400
2 : Jetty 3, Draft 4.5, Pump 450	26 : Jetty 4, Draft 5.5, Pump 450
3 : Jetty 3, Draft 4.5, Pump 500	27 : Jetty 4, Draft 5.5, Pump 500
4 : Jetty 3, Draft 4.5, Pump 550	28 : Jetty 4, Draft 5.5, Pump 550
5 : Jetty 3, Draft 5, Pump 400	29 : Jetty 4, Draft 6, Pump 400
6 : Jetty 3, Draft 5, Pump 450	30 : Jetty 4, Draft 6, Pump 450
7 : Jetty 3, Draft 5, Pump 500	31 : Jetty 4, Draft 6, Pump 500
8 : Jetty 3, Draft 5, Pump 550	32 : Jetty 4, Draft 6, Pump 550
9 : Jetty 3, Draft 5.5, Pump 400	33 : Jetty 5, Draft 4.5, Pump 400
10 : Jetty 3, Draft 5.5, Pump 450	34 : Jetty 5, Draft 4.5, Pump 450
11 : Jetty 3, Draft 5.5, Pump 500	35 : Jetty 5, Draft 4.5, Pump 500
12 : Jetty 3, Draft 5.5, Pump 550	36 : Jetty 5, Draft 4.5, Pump 550
13 : Jetty 3, Draft 6, Pump 400	37 : Jetty 5, Draft 5, Pump 400
14 : Jetty 3, Draft 6, Pump 450	38 : Jetty 5, Draft 5, Pump 450
15 : Jetty 3, Draft 6, Pump 500	39 : Jetty 5, Draft 5, Pump 500
16 : Jetty 3, Draft 6, Pump 550	40 : Jetty 5, Draft 5, Pump 550
17 : Jetty 4, Draft 4.5, Pump 400	41 : Jetty 5, Draft 5.5, Pump 400
18 : Jetty 4, Draft 4.5, Pump 450	42 : Jetty 5, Draft 5.5, Pump 450
19 : Jetty 4, Draft 4.5, Pump 500	43 : Jetty 5, Draft 5.5, Pump 500
20 : Jetty 4, Draft 4.5, Pump 550	44 : Jetty 5, Draft 5.5, Pump 550
21 : Jetty 4, Draft 5, Pump 400	45 : Jetty 5, Draft 6, Pump 400
22 : Jetty 4, Draft 5, Pump 450	46 : Jetty 5, Draft 6, Pump 450
23 : Jetty 4, Draft 5, Pump 500	47 : Jetty 5, Draft 6, Pump 500
24 : Jetty 4, Draft 5, Pump 550	48 : Jetty 5, Draft 6, Pump 550

Gambar 4.29 menunjukkan hubungan antara beberapa skenario investasi *jetty*, pompa, dan port draft terhadap penurunan biaya operasional sistem transportasi laut di PT. X. Berdasarkan Gambar 4.29, dapat diketahui bahwa *productivity ratio* optimum dan *net profit* yang dapat dicapai dengan skenario yang ada adalah masing-masing sebesar 0.023 L/Rp dan 373 Miliar Rupiah. Kondisi tersebut diperoleh dengan melakukan investasi kapasitas *jetty* menjadi 5 unit, pengerukan menjadi sedalam 6 Meter, dan penambahan kapasitas pompa darat menjadi sebesar 550 KL/Jam.

4.8 Dampak Solusi Terbaik Terhadap Pasar Sistem Transportasi Laut Secara Luas

Sistem transportasi laut merupakan sistem yang kompleks yang dibentuk dari beberapa komponen yang saling berinteraksi. Masing-masing komponen dari sistem transportasi laut memiliki harga. Interaksi antar komponen sistem dalam hal ini hanya

akan terjadi apabila “harga” yang dari satu komponen disepakati oleh komponen yang lain, sehingga terjadi *marching market* (Roth, 2015). Pada *market* yang tidak didesain dengan baik, hubungan antar komponen sistem menjadi tidak optimal.

Pada konteks sistem pengangkutan laut, pasar dibentuk dari interaksi antara pemilik kargo, pengelola operasi kapal, pemilik kapal, pengelola pelabuhan, dan pihak-pihak yang lain. Pada sistem di PT. X, pemilik kargo menginginkan agar kargonya dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lain secara tepat jumlah, tepat waktu, dan dengan harga yang seefisien mungkin. Di sisi yang lain, pengelola operasi kapal memiliki ekspektasi untuk mengoptimalkan daya guna kapalnya dan meminimalkan pengeluaran biaya, sehingga keuntungan pemilik kapal dapat optimal. Pengelola pelabuhan juga memiliki ekspektasi agar sumber dayanya terdayaguna secara optimal sehingga biaya modal dan biaya operasional pelabuhan memberikan *return* yang optimal.

Pada pasar sistem transportasi laut tidak terdesain dengan baik, ekspektasi atau *interest* dari masing-masing pihak atau komponen pembentuk sistem tidak sepenuhnya dapat terpenuhi. Pada konteks PT. X, kondisi sebelum dilakukan optimasi kinerja berbasis TOC menunjukkan beberapa inefisiensi seperti *waiting jetty*, utilisasi *draft* yang tidak optimal, dan *slow pumping*. Dari sisi pihak yang mengoperasikan kapal, kondisi inefisiensi tersebut tidak ideal biaya pengoperasian kapal menjadi lebih tinggi dari yang seharusnya. Dari sisi biaya, pemilik kargo harus membayarkan biaya lebih tinggi dari yang seharusnya. *Macthing market* yang terbentuk pada sistem PT. X antara pemilik kargo dan pihak yang mengelola operasi kapal dalam hal ini terjadi karena pemilik kargo tidak memiliki kemungkinan untuk memilih penyedia jasa angkutan yang lain. Apabila penyedia jasa pengoperasian kapal bersifat banyak dan pemilik kargo memiliki peluang untuk memilih, terdapat kemungkinan untuk tidak tercipta *matching market* antara pemilik kargo dan penyedia jasa pengoperasian kapal yang ada saat ini.

Dari segi hubungan antara pihak yang mengoperasikan kapal dengan pihak yang mengelola pelabuhan, inefisiensi yang ada berdampak pada tidak optimalnya daya guna kapal. Apabila pihak yang mengoperasikan kapal memiliki opsi untuk memilih operator pelabuhan, pihak yang mengoperasikan kapal tentu akan lebih operator pelabuhan yang menyediakan layanan penyandaran kapal dan memiliki kualitas pompa darat yang lebih baik sehingga pada akhirnya utilisasi kapal akan lebih optimal.

Kondisi inefisiensi yang ada secara umum menyebabkan sistem yang terdapat pada PT. X menjadi tidak *well-setup*. Dari segi kuantitatif, dampak dari hal tersebut adalah lebih tingginya biaya angkutan laut.

Solusi terbaik yang dihasilkan dari penerapan konsep TOC diharapkan dapat menciptakan *well-setup market*. Dengan semakin minimalnya waktu antrian jetty, semakin terutilisasinya draft kapal, dan meningkatnya *performance* pompa darat, biaya pengoperasian kapal diharapkan dapat menjadi lebih optimal sehingga pihak yang mengoperasikan kapal dapat menyediakan layanan yang *cost-competitive*. Layanan pengoperasian kapal yang *cost-competitive* ini pada akhirnya akan *matched* dengan ekspektasi dari pemilik kargo.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi rumusan beberapa kesimpulan dan saran yang diperoleh setelah dilakukan kegiatan penelitian.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian proses yang telah dilakukan sebagaimana metodologi yang disusun, maka kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Applicability* dari model terintegrasi berbasis TOC pada sistem transportasi laut

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, TOC dapat diterapkan pada sistem pengangkutan laut untuk melakukan hal-hal sebagai berikut:

- a. Membantu perumusan ukuran kinerja pada tataran strategis sampai operasional
- b. Mengidentifikasi kendala-kendala utama yang membatasi kinerja dari sistem transportasi laut
- c. Merumuskan langkah-langkah strategis untuk meningkatkan kinerja dari sistem transportasi laut baik pada tataran strategis sampai operasional.

Untuk dapat menerapkan konsep TOC pada sistem pengangkutan laut, beberapa modifikasi terhadap terminologi dan metode yang umum dari TOC perlu dilakukan. Pada penelitian ini, upaya penerapan TOC pada sistem pengangkutan laut dilakukan melalui modifikasi dan adopsi sebagai berikut:

1. Tahap perumusan ukuran kinerja sistem terdiri dari:
 - a. *Operating Expense* didefinisikan sebagai total biaya yang dikeluarkan untuk mengubah ruang muat kapal dan kapasitas infrastruktur pelabuhan menjadi terdaya guna untuk pengangkutan muatan pada satu periode waktu
 - b. *Throughput* didefinisikan sebagai volume muatan yang terangkut pada satu periode waktu
 - c. *Inventory* didefinisikan sebagai ruang muat kapal dan infrastruktur pelabuhan yang belum terdaya guna selama satu periode waktu
 - d. *Productivity Ratio* didefinisikan sebagai perbandingan antara volume muatan yang terangkut terhadap biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pengantaran muatan

- e. *Net Benefit* didefinisikan sebagai reduksi *operating expense* yang muncul akibat dari dilakukannya investasi dikurangi tambahan biaya investasi dan tambahan biaya operasional yang timbul karena investasi. *Benefit* untuk investasi peningkatan kapasitas *constraint* jetty diperoleh dari reduksi biaya *congestion* yang terjadi karena terbatasnya jetty. Sementara itu, *benefit* untuk investasi draft diperoleh dari berkurangnya ruang muat kapal yang tidak terutilisasi. Untuk pompa, *benefit* diukur dari berkurangnya waktu yang disebabkan oleh aktivitas *slow pumping*.
2. Tahap identifikasi *constraint* dilakukan dengan mengkombinasikan metode pemodelan kedatangan kapal, pemodelan waktu pelayanan kapal, simulasi, uji statistik regresi linear, dan *load analysis* berbasis *Cost-Utilization Diagram* yang diadopsi dari Ronan dan Spector (1992).
3. Tahap *Constraint Elevation* dilakukan dengan menyusun indikator baru berupa Rasio Efisiensi Investasi (REI) untuk mengetahui skenario investasi *constraint* yang paling optimal dari segi biaya yang dikeluarkan dan hasil yang diperoleh.

Selain modifikasi terhadap terminologi dan metode, untuk dapat mengidentifikasi *constraint* pada sistem pengangkutan laut perlu dilakukan standarisasi terhadap ukuran kinerja dari masing-masing sumber daya sistem. Masing-masing sumber daya pada sistem transportasi laut memiliki satuan kinerja yang tidak standar, seperti *knot* untuk kecepatan kapal, *cubic meter per jam* untuk pompa, Meter untuk *draft*, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini masing-masing sumber daya dikonversi nilainya ke dalam satu satuan standar, yaitu volume muatan yang dapat ditangani masing-masing sumber daya pada satu periode waktu. Hal tersebut dituangkan ke dalam satuan Kilo Liter per Hari. Setelah masing-masing satuan dikonversi ke unit yang standar, *constraint* dari sistem dapat diidentifikasi melalui analisis dengan *process map*.

2. Faktor yang menghambat peningkatan efisiensi sistem transportasi laut

Berdasarkan hasil dari tahap identifikasi *constraint* yang dilakukan melalui pemodelan, simulasi, uji statistik, dapat diketahui bahwa *constraints* utama yang terdapat pada sistem pengangkutan laut di PT. X adalah sebagai berikut:

a. Jetty

Kapasitas jetty pada sistem pengangkutan laut di PT. X telah diutilisasi 88% dan melibatkan porsi biaya sebesar 47% dari *constraints* yang ada. Keterbatasan

kapasitas jetty menyebabkan PT. X harus menanggung biaya *congestion* yang cukup besar sehingga *operating expense* dan produktivitas pengangkutan menjadi tidak optimal. Pada *demand* pengangkutan eksisting, keterbatasan *jetty* yang berakibat pada *congestion* berkontribusi sebesar 11% dari total biaya operasional PT. X. Apabila kapasitas jetty tidak berubah, dalam 25 tahun mendatang porsi biaya *congestion* yang disebabkan oleh keterbatasan *jetty* akan meningkat menjadi 53% dari total biaya operasional.

b. Port Draft

Keterbatasan *port draft* menyebabkan beberapa pengangkutan harus dilakukan dalam kondisi *deadfreight*. Hal tersebut berkontribusi sebesar 10% dari total biaya operasional pengangkutan yang dikeluarkan oleh PT. X.

c. Cargo Pump

Keterbatasan *cargo pump* yang terdapat pada PT. X menyebabkan beberapa aktivitas pembongkaran muatan harus dilakukan dalam waktu yang lebih lama dari waktu yang seharusnya. *Constraint* ini memiliki porsi 9% dari total biaya operasional yang terdapat pada PT. X.

Berdasarkan prinsip TOC, upaya peningkatan kinerja sistem akan optimal apabila dilakukan pada *constraint* utama dari sistem.

3. Besar investasi yang harus dikeluarkan untuk meningkatkan efisiensi sistem transportasi laut dan bagaimana dampak dari investasi berbasis TOC terhadap peningkatan kinerja sistem

Simulasi untuk meningkatkan efisiensi sistem transportasi laut dilakukan dalam dua dimensi, yaitu untuk jangka pendek atau tanpa memperhitungkan peningkatan *demand* pengangkutan dan jangka panjang yang memperhitungkan peningkatan *demand* pengangkutan. Untuk jangka pendek, apabila ditinjau aspek *Productivity Ratio* dan *Net Profit*, solusi paling optimal diperoleh dari ekspansi *constraint* dengan skenario ekspansi 1 unit *jetty* sehingga menjadi 3 unit *jetty*, *dredging* draft menjadi 6 M dan peningkatan kapasitas *cargo pump* menjadi 550 KL per Jam. Melalui skenario tersebut menghasilkan nilai *productivity ratio* sebesar 0.01825 dan *net profit* senilai Rp 13,247,571,393.04.

Untuk jangka panjang yang memperhitungkan peningkatan *demand* pengangkutan, solusi paling optimal diperoleh dari ekspansi *constraint* dengan

skenario ekspansi 3 unit *jetty* menjadi 5 unit *jetty*, *dredging* draft menjadi 6 M, dan peningkatan kapasitas *cargo pump* menjadi 550 KL per Jam. Melalui skenario tersebut menghasilkan nilai *productivity ratio* sebesar 0.0231 dan *net profit* senilai Rp 372,625,230,237.72.

Berdasarkan prinsip TOC, upaya peningkatan kinerja sistem akan optimal dan tepat sasaran apabila dilakukan pada *constraint* utama dari sistem. Untuk menangani *constraint* yang telah diidentifikasi, kerangka TOC menyediakan tahap *exploit*, *subordinate*, dan *elevate constraint*. Pada penelitian ini telah dilakukan beberapa simulasi investasi terhadap *constraint jetty*, *port draft*, dan *cargo pump* dengan beberapa skenario untuk mengetahui besar investasi yang dikeluarkan dan dampak dari masing-masing skenario investasi terhadap peningkatan kinerja sistem.

Selain indikator-indikator umum berbasis TOC, pada penelitian ini juga dibangun satu indikator bernama Rasio Efisiensi Investasi (REI) yang merupakan perbandingan antara reduksi biaya yang berhasil diperoleh dari aktivitas investasi dibandingkan dengan biaya investasi yang dikeluarkan untuk meningkatkan kapasitas *constraint*. Apabila investasi hanya akan dilakukan terhadap satu *constraint*, berdasarkan hasil simulasi skenario yang akan memberikan REI paling tinggi adalah investasi *jetty* dengan *slope* sebesar 2.318. Hal tersebut berarti bahwa setiap unit rupiah yang dikeluarkan untuk meningkatkan kapasitas *jetty* akan berdampak pada penurunan biaya operasional sebesar 2.318. Hal tersebut akan berjalan sampai pada titik optimum dimana peningkatan kapasitas *jetty* sudah tidak lagi berpengaruh terhadap penurunan biaya operasional atau kondisi dimana kapasitas *jetty* telah melebihi *demand* pengangkutan. Untuk *cargo pump*, REI yang diperoleh dari aktivitas investasi tersebut adalah sebesar 1.8 yang berarti bahwa setiap unit rupiah yang dikeluarkan untuk peningkatan kapasitas *cargo pump* akan berdampak pada penurunan biaya operasional sebesar 1.8. Yang terakhir, REI untuk aktivitas investasi berupa *dredging* adalah sebesar 0.22 dimana setiap unit uang yang diinvestasikan akan berdampak pada penurunan biaya operasional sistem sebesar 0.22 unit.

5.2 Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan untuk mengetahui generalitas dari kerangka kerja implementasi TOC yang telah disusun pada sistem pengangkutan laut yang lain. Selain itu, secara lebih lanjut definisi dari *operating expense*, *throughput*, *inventory*, dan *productivity ratio* beserta metode identifikasi *constraint* dan Rasio Efisiensi Investasi dapat dicoba untuk diterapkan pada bidang jasa pengangkutan yang lain seperti transportasi udara maupun transportasi darat.

DAFTAR PUSTAKA

- Boffey, S. A., et al. (1979): *Two Approaches to Scheduling Container Ship with an Application to the North Atlantic Route*, Journal of the Operational Research Society 30, 413 - 425.
- Blackstone, John H., dan Gardiner, Stanley C. (2007): *The Evolution of a Management Philosophy: The Theory of Constraints*, Journal of Operation Management 25, 387 - 402.
- Branch, A. E. (1998): *Maritime Economics and Marketing*, 3rd edition (Cheltenham: Stanley Thornes).
- Breen, A. M., et al. (2002): *Applying the theory of constraints in health care: Part 1—the philosophy*, Quality Management in Healthcare, 10, 40 - 46.
- Briskin, L. E. (1966): *Selecting Delivery Date in Tanker Scheduling Problem*, Management Science, 12B, 224 – 233.
- Caldeirinha, Vitor et al (2002): *The Container Terminal Characteristics and Customer's Satisfaction*.
- Coelli, T. J., et al (2005): *Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980 - 2000*, Agriculture Economics, 32, 115 - 134.
- Cox, Gary W. (1997): *Electoral Institutions, Cleavage Structure, and the Number of Parties*, University of California, San Diego.
- Cullinane, Kevin dan Khanna, Mahim (2000): *Economies of Scale in Large Container Ships*, Journal of Transport Economics and Policy, Volume 33, Part 2, pp. 185-208.
- Dantzig, George B., and Fulkerson, Delbert R. (1954): *Minimizing the Number of Tankers to Meet a Fixed Schedule*, Naval Research Logistics Quarterly, 1, 217 - 222.
- Dekker, S. and Verhaeghe, R.J. (2008): *Development of a Strategy for Port Expansion: An Optimal Control Approach*, Maritime Economic and Logistics, **2008**, 258 - 274.

- De Weille, Jan, dan Ray Anandrup (1974): *The Optimum Port Capacity*, Journal of Transport Economics and Policy.
- Devanney, J. W., et al. (1975): *Conference Pricing and The West Coast of South America*, Journal of Transport Economics and Policy, vol. 9, no. 2, May.
- Ehie, I., dan Sheus, J. (2005): *Integrating Six Sigma and Theory of Constraints for Continuous Improvement: A Case Study*, Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 16, 5, 542 - 553.
- Ellis, Steven C. (2011): *A Theory of Constraints Service Systems Improvement Method: Case of The Airline Turnaround Problem*, Florida International University, Florida.
- Goldratt, Eliyahu M. (1986): *The Goal: a process of ongoing improvement*, North River Press.
- Goldratt, Eliyahu M., dan Cox, Jeff (1984): *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, Third Revised Edition, North River Press.
- Gkonis, Konstatinos G. dan Psaraftis, Harilaos N. (2004): *Some Key Affecting Liner Shipping Cost*, National Technical University of Athens, Greece.
- Groop, Johan (2012): *Theory of Constraints in Field Service: Factors Limiting Productivity in Home Care Operations*, Aalto University Publication Series, Helsinki.
- Hansen, Don R., dan Mowen, Maryanne M. (2001): *Manajemen Biaya: Akuntansi dan Pengendalian*, Edisi Pertama, Buku Satu, Penerbit Salemba Empat, Jakarta.
- Laderman, J., et al. (1966): *Vessel Allocation by Linear Programming*, Naval Research Quarterly, 12, 315 - 320.
- Lane, D. E., et al. (1987): *Planning and Scheduling for Efficiency in Liner Shipping*, Maritime Policy and Management, 14, No. 2, 109 - 125.
- Lim, S. M. (1994): *Economies of Container Ship Size: A New Evaluation*, Maritime Policy & Management, 21, 2 149 - 160.
- Lima, Nuno dan Venables, J. Anthony (2000): *Infrastructure, Geographical Disadvantage, and Transport Costs*, Washington.

- Mabin, J. Victoria dan Balderstone, J. Steven (2003): *The Performance of the Theory of Constraints Methodology Analysis and discussion of successful TOC applications*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 23 Iss: 6, pp.568 – 595.
- Mabin, J. Victoria dan Balderstone, J. Steven (2000): *The World of the Theory of Constraints: a Review of the International Literature*, St. Lucie Press, pp 11 – 12
- Manfaat, Djauhar (2014): *Case Based Design*, Gramedia Pustaka Utama
- Manfaat, Djauhar, et al. (2016): *Implementing the Theory of Constraint to Optimize the Marine Transportation System Productivity: A Case Study of Company 'X'*, Medwell Journal.
- McConville, J. (1999): *Economic of Maritime Transport: Theory and Practice*, London, Witherby.
- Micco, Alejandro dan Perez, Natalia (2002): *Determinants of Marine Transportation Cost*, Washington.
- Mulyono, et al. (2016): *Applying Theory of Constraint to Identify the Constraint of Marine Transportation System*, International Journal of Oceans and Oceanography, ISSN 0973-2667 Volume 10, Number 2 (2016), pp. 173 - 190.
- Park, R., dan De P. (2004): *An Alternative Approach to Efficiency Measurement of Seaports*, Maritime Economics & Logistics, 6, 53 – 69.
- Pozo, Eduardo del., et al. (2012). *Optibody Project: Optimizing Vehicle Structure for Electric Light Trucks and Vans*.
- Perakis, A. N., and Jaramillo, D. L. (1991): *Fleet Deployment Optimization for Liner Shipping*, Maritime Policy & Management 18 (3), 183 – 200.
- Rahman, Shams-ur (1998): *Theory of Constraints: A Review of the Philosophy and Its Applications*, International Journal of Operation & Production Management, Vol. 18 Iss: 4, pp. 336-355.
- Radelet, S., and Sachs, J. (1998): *Shipping Costs, Manufactured Exports and Economic Growth*. Cambridge, United States: Harvard University, Harvard Institute for International Development.

- Rao, M. R., dan Zionts, S. (1968): *Allocation of Transportation Units to Alternative Trips – A Column Generation Scheme with Out-of-Kilter Sub problems*, *Operation Research* 16, 52 – 63.
- Ronen, B., dan Spector Y. (1992): *Managing System Constraints: A Cost/Utilization Approach*, *International Journal of Production Research*, Vol. 30, No. 9, pp. 2045 - 2061.
- Sale, M. L., dan Inman, R. A. (2003): *Survey Based Comparison of Performance and Change in Performance of Firms Using Raditional Manufacturing, JIT, and TOC*. *IJPR*: Vol. 41, No. 4, 829-844.
- Siha, S. (1999): *A Classified Model for Applying The Theory of Constraints to Service Organizations*, *Managing Service Quality*, 9 (4): 255 - 264.
- Smith, D. (2002): *The Measurement Nightmare: How the Theory of Constraints Can Resolve Conflicting Strategies, Policies, and Measures*, St. Lucie Press, Boca Raton.
- Stopford, M. (2004): *Maritime Economics*, Routledge, New York.
- Tongzon, J. dan Ganesalingam, S. (1994): *Evaluation of ASEAN Port Performance and Efficiency*, *Asian Economic Journal*, 8 (3), 317 - 330.
- Umble, M. M., dan Srikanth, M. L. (1996): *Synchronous manufacturing: principles for world-class excellence*, Guilford, Conn, Spectrum Pub.
- Varbanova, A. (2004): *Current Issues in Operational Planning of General Cargo Transportation on Container Feeder Lines in the Black Sea Region*, Faculty of Maritime Studies and Ecology, Bulgaria.
- Widjaja, I., dan Alberto, L. (2004): *Communications Networks: Fundamental Concepts and Key Architectures*, New York, MacGraw Hill.

LAMPIRAN

Tabel L. 1 Contoh Data Operasional Pengangkutan

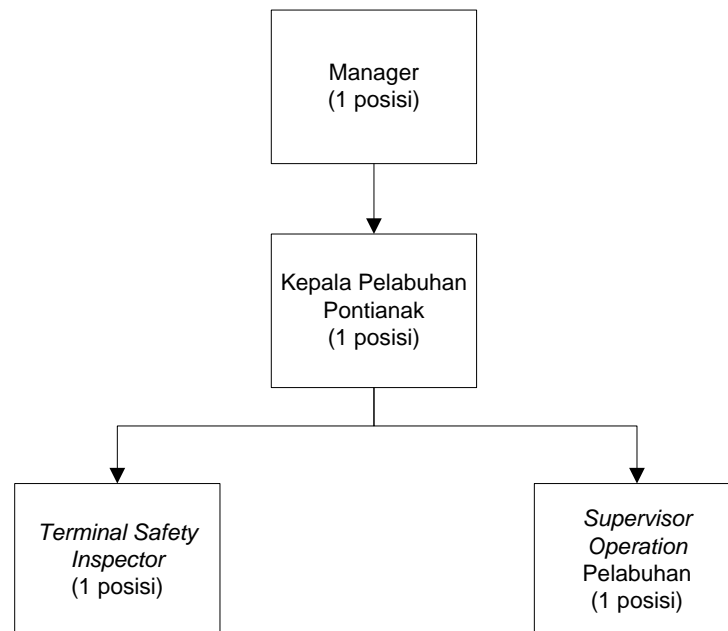
NO. VOY	LOAD PORT	DISCHARGE PORT	KARGO MUAT (KL)	LOAD FACTOR (%)	SEA TIME (JAM)	JARAK (NM)	WAKTU SANDAR (JAM)	WAKTU BONGKAR (JAM)	PUMPING RATE (KL/JAM)	ADMINISTRASI (JAM)	KARGO BONGKAR (KL)
60004	PLAJU	PONTIANAK	3,707.38	94.46	28.80	360	14.00	12.83	288.89	3.60	3,707.38
60011	PLAJU	PONTIANAK	3,928.53	93.43	29.00	360	15.37	13.33	128.03	0.30	1,707.02
60013	PLAJU	PONTIANAK	3,951.56	91.06	29.50	360	17.20	13.17	300.12	0.10	3,951.56
60013	PLAJU	PONTIANAK	3,709.44	94.10	29.40	360	40.80	9.82	377.87	0.60	3,709.44
60015	PLAJU	PONTIANAK	3,608.11	92.32	28.80	360	13.60	13.17	274.03	0.33	3,608.11
60018	PLAJU	PONTIANAK	3,802.80	88.64	29.00	360	12.43	9.75	390.03	0.70	3,802.80
60021	PLAJU	PONTIANAK	3,697.03	92.50	29.40	360	17.52	14.98	246.74	0.25	3,697.03
60028	PLAJU	PONTIANAK	3,699.22	92.60	29.40	360	11.60	9.50	389.39	1.20	3,699.22
60031	PLAJU	PONTIANAK	3,698.21	88.06	29.40	360	8.85	18.50	199.90	1.00	3,698.21
60060	PLAJU	PONTIANAK	3,693.03	92.70	29.40	360	10.60	9.17	402.87	3.20	3,693.03
61009	PLAJU	PONTIANAK	2,942.72	75.33	28.20	360	10.60	13.30	221.26	0.30	2,942.72
61013	PLAJU	PONTIANAK	2,760.36	72.38	42.50	360	24.00	19.00	145.28	0.20	2,760.36
61014	PLAJU	PONTIANAK	3,346.63	87.80	29.40	360	10.60	14.08	237.63	0.30	3,346.63
61015	PLAJU	PONTIANAK	3,437.69	77.48	30.00	360	13.70	16.90	203.41	0.10	3,437.69
61016	PLAJU	PONTIANAK	3,730.13	97.72	29.40	360	12.60	15.75	236.83	0.20	3,730.13
61019	PLAJU	PONTIANAK	3,523.21	65.01	36.00	360	30.33	16.10	218.83	0.70	3,523.21
61019	PLAJU	PONTIANAK	3,806.71	99.95	29.40	360	9.60	24.92	152.78	0.20	3,806.71
61022	PLAJU	PONTIANAK	3,684.95	96.68	29.40	360	27.20	9.00	409.44	0.17	3,684.95
61025	PLAJU	PONTIANAK	3,698.47	96.58	29.20	360	10.88	18.17	203.58	0.10	3,698.47
61027	PLAJU	PONTIANAK	3,728.91	95.06	29.70	360	12.00	18.40	202.66	3.00	3,728.91
61032	PLAJU	PONTIANAK	3,712.26	95.87	28.00	360	27.20	16.70	222.29	0.20	3,712.26
61032	PLAJU	PONTIANAK	3,705.88	97.53	32.60	360	8.57	13.50	274.51	0.10	3,705.88
61033	PLAJU	PONTIANAK	3,745.68	93.48	29.70	360	13.80	24.00	156.07	0.20	3,745.68

Tabel L. 2 Contoh Data operasional pelabuhan

NO. VOY	LOAD PORT	DISCHARGE PORT	JARAK (NM)	WAKTU KEDATANGAN	SEA TIME (JAM)	PROSES SANDAR (JAM)	PROSES BONGKAR (JAM)	PROSES ADMINISTRASI (JAM)	PROSES LEPAS SELANG (JAM)	LEPAS SANDAR (JAM)	PROSES KEBERANGKATAN (JAM)
60004	PLAJU	PONTIANAK	360	2/1/10 17:00	29.40	14.00	14.98	0.25	0.08	5.58	2.33
60011	PLAJU	PONTIANAK	360	3/14/10 15:00	29.40	15.37	9.50	1.20	0.75	2.50	2.10
60013	PLAJU	PONTIANAK	360	3/28/10 13:30	29.40	17.20	18.50	1.00	0.10	2.82	2.08
60013	PLAJU	PONTIANAK	360	3/11/10 12:24	42.50	40.80	19.00	0.20	0.18	2.42	3.42
60015	PLAJU	PONTIANAK	360	4/11/10 17:18	29.40	13.60	9.17	3.20	0.08	2.77	3.38
60018	PLAJU	PONTIANAK	360	4/30/10 4:59	28.20	12.43	13.30	0.30	5.00	4.97	2.33
60021	PLAJU	PONTIANAK	360	4/26/10 14:24	29.40	17.52	14.08	0.30	0.27	1.00	3.75
60028	PLAJU	PONTIANAK	360	6/3/10 10:24	30.00	11.60	16.90	0.10	0.50	2.08	3.42
60031	PLAJU	PONTIANAK	360	6/23/10 8:24	29.40	8.85	15.75	0.20	1.00	1.17	3.83
60060	PLAJU	PONTIANAK	360	12/8/10 21:24	36.00	10.60	16.10	0.70	1.08	5.20	3.72
61009	PLAJU	PONTIANAK	360	3/5/11 21:12	28.80	10.60	12.83	3.60	0.17	4.00	2.33
61013	PLAJU	PONTIANAK	360	3/25/11 10:00	29.40	24.00	24.92	0.20	0.50	4.50	0.50
61014	PLAJU	PONTIANAK	360	4/1/11 18:24	29.40	10.60	9.00	0.17	0.67	2.97	3.87
61015	PLAJU	PONTIANAK	360	4/15/11 14:00	29.00	13.70	13.33	0.30	0.20	2.70	3.70
61016	PLAJU	PONTIANAK	360	4/15/11 15:24	29.20	12.60	18.17	0.10	0.75	2.25	4.50
61019	PLAJU	PONTIANAK	360	7/28/11 13:30	29.00	30.33	9.75	0.70	0.60	23.10	172.40
61019	PLAJU	PONTIANAK	360	5/7/11 9:24	29.70	9.60	18.40	3.00	1.33	0.83	3.67
61022	PLAJU	PONTIANAK	360	5/26/11 11:24	28.00	27.20	16.70	0.20	2.50	4.00	3.50
61025	PLAJU	PONTIANAK	360	6/16/11 5:42	32.60	10.88	13.50	0.10	0.08	1.92	2.25
61027	PLAJU	PONTIANAK	360	8/15/11 8:00	29.50	12.00	13.17	0.10	0.67	3.97	3.07
61032	PLAJU	PONTIANAK	360	9/16/11 6:00	29.40	27.20	9.82	0.60	0.60	2.20	2.00
61032	PLAJU	PONTIANAK	360	7/27/11 7:06	29.70	8.57	24.00	0.20	0.25	5.67	3.08
61033	PLAJU	PONTIANAK	360	9/24/11 4:42	28.80	13.80	13.17	0.33	0.10	0.10	4.18

Tabel L. 3 Data Ruang Muat Kapal, Kecepatan Standard Kapal, dan Kapasitas Pompa Kapal

NO. VOY	LOAD PORT	DISCHARGE PORT	KAPASITAS MUAT KAPAL (M ³)	KECEPATAN KAPAL (KNOTS)	KAPASITAS POMPA KAPAL (KL/HR)
61009	PLAJU	PONTIANAK	4,437	10	250
61015	PLAJU	PONTIANAK	4,437	10	250
61027	PLAJU	PONTIANAK	4,437	10	250
61032	PLAJU	PONTIANAK	4,437	10	250
61033	PLAJU	PONTIANAK	4,437	10	250
61019	PLAJU	PONTIANAK	4,276	9	210
60004	PLAJU	PONTIANAK	4,372	10	200
60011	PLAJU	PONTIANAK	4,372	10	200
60013	PLAJU	PONTIANAK	4,372	10	200
60015	PLAJU	PONTIANAK	4,372	10	200
60018	PLAJU	PONTIANAK	4,372	10	200
60013	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
60021	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
60028	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
60031	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
60060	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
61013	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
61014	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
61016	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
61019	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
61022	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
61025	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250
61032	PLAJU	PONTIANAK	3,502	10	250



Gambar L. 1 Kondisi Sumber Daya Manusia di Pelabuhan

Tabel L. 4 Distribusi Proses Pada Identifikasi Constraint

No	Proses	Mean	Standar Deviasi	Ukuran Unit Awal
1	Efisiensi Pengangkutan	45.51	14.56	KL/Hours
2	Kecepatan Kapal	11.72	4.95	Knots
3	Load factor	87.38	11.03	Percent
4	Congestion	14.47	9.98	Hours
5	Ketersediaan fasilitas pelabuhan	0.84	1.32	Hours
6	Ketersediaan fasilitas bongkar muat	0.54	0.55	Hours
7	Kinerja pompa	358.82	89.98	KL/Hour
8	Proses administratif	1.39	5.47	Hours
9	Efektivitas perencanaan	3.33	1.60	Hours
10	Ketersediaan tenaga kerja	3.10	1.98	Hours
11	Kondisi kapal	1.16	0.98	Hours

Tabel L. 5 Contoh Data Waiting Kapal

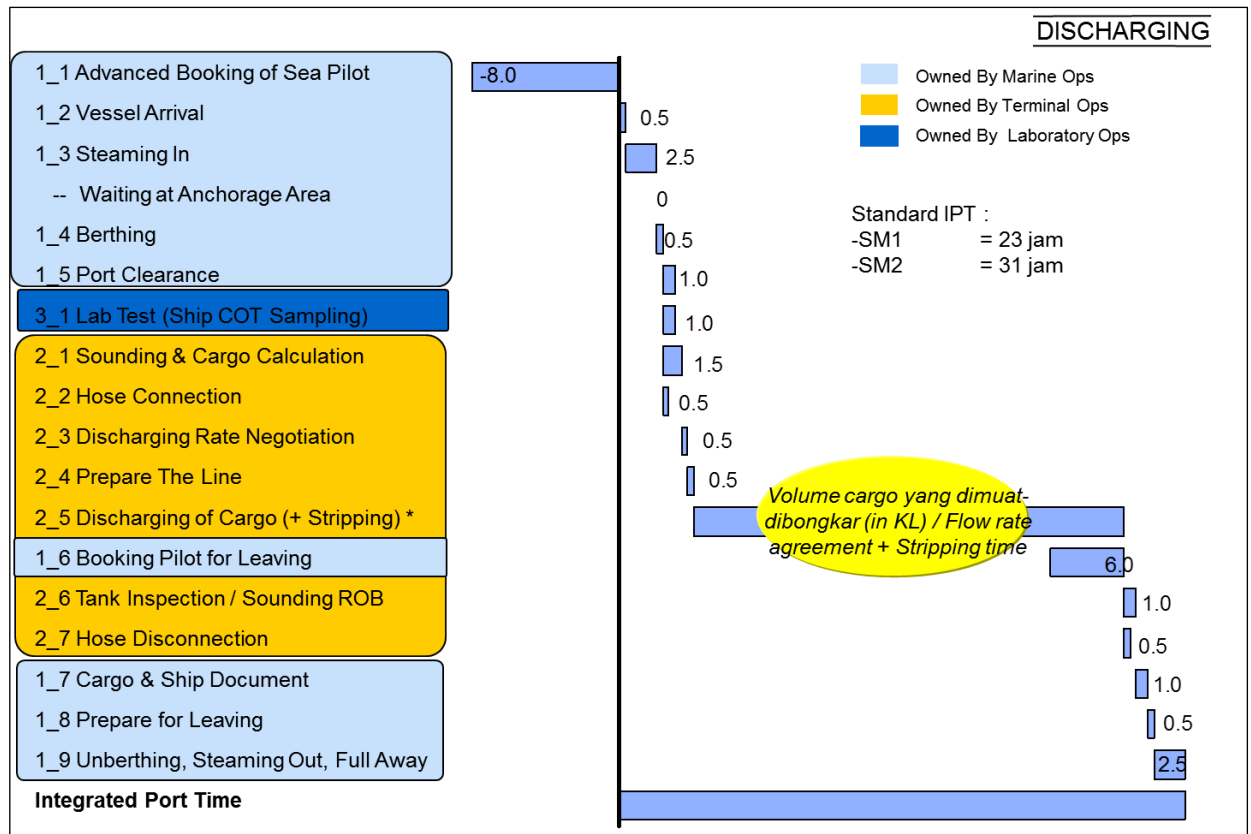
idsuratp erintah	ALD	NmP ort	Vessel Name	SubProcessActivity	Group Waiting	Waiting Time (Second)	Explanation
28013	1/28/1 3 00:00	Ponti anak	SURYA CHANDRA	Vessel Arrival	Waiting Tide	28080	menunggu air pasang
28013	1/28/1 3 00:00	Ponti anak	SURYA CHANDRA	Connecting Of Hose	Waiting for Hose Connected	360	menunggu pasang selang
28013	1/28/1 3 00:00	Ponti anak	SURYA CHANDRA	Prepare for Unberthing	Waiting Tide	65400	menunggu air pasang
28013	1/28/1 3 00:00	Ponti anak	SURYA CHANDRA	Sounding COT & Cargo Calculations	Waiting Cargo Calculation	600	menunggu selesai perhitungan cargo
27253	1/8/13 00:00	Ponti anak	PATRA TANKER III EX CAMAR SAK	Disconnecting Of Hose	Waiting for Hose Connected	900	menunggu lepas selang
27550	1/15/1 3 00:00	Ponti anak	SERENA III	Prepare for Unberthing	Waiting Tide	7800	menunggu air pasang
27770	1/20/1 3 00:00	Ponti anak	PATRA TANKER III EX CAMAR SAK	Prepare for Unberthing	Waiting Tide	9000	menunggu air pasang
29133	2/26/1 3 00:00	Ponti anak	Balongan	Steaming In	Waiting Channel Crossing	1140	menunggu clear alur
29133	2/26/1 3 00:00	Ponti anak	Balongan	Berthing	Waiting Channel Crossing	480	menunggu alur clear
27653	1/17/1 3 00:00	Ponti anak	Anggraini Excellent Ex Dasa S	Vessel Arrival	Waiting Tide	2700	menunggu air pasang
27201	1/7/13 00:00	Ponti anak	SERENA III	Prepare for Unberthing	Waiting Tide	5400	menunggu air pasang
27336	1/7/13 00:00	Ponti anak	Patra Tanker II ex Camar Mas	Anchoring at Anchorage Area	Waiting Related to DM	95280	waiting jetty

27523	1/14/1 3 00:00	Ponti anak	PATRA TANKER III EX CAMAR SAK	Prepare for Unberthing	Waiting Tide	3600	menunggu air pasang
29243	2/21/1 3 00:00	Ponti anak	MINAS	Steaming In	Waiting Channel Crossing	3120	menunggu clear alur
29285	2/27/1 3 00:00	Ponti anak	SURYA CHANDRA	Sounding COT & Cargo Calculations	Waiting Cargo Calculation	1200	menunggu selesai perhitungan cargo
29413	2/26/1 3 00:00	Ponti anak	Anggraini Excellent Ex Dasa S	Vessel Arrival	Waiting Tide	6000	menunggu air pasang
30398	3/22/1 3 00:00	Ponti anak	Anggraini Excellent Ex Dasa S	Anchoring at Anchorage Area	Waiting Related to DM	108720	waiting jetty
27201	1/7/13 00:00	Ponti anak	SERENA III	Vessel Arrival	Waiting Tide	49680	menunggu air pasang
27291	1/9/13 00:00	Ponti anak	Kerta Dua	Vessel Arrival	Waiting Tide	27900	menunggu air pasang

Tabel L. 6 Contoh Data Operasional Pengangkutan

NMCOMMON	NMTYPE	DWT	YOB	STATUS	NOVOYAGE	ATA	LPORT	DPORT	QTYLOAD	QTYDISC	SPEED	PUMPING RATE	ELF
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	60008	11/25/10 07:57	KOTA BARU	PONTIANAK	3,784.35	3,784.35	3.90	1,261.45	97.19
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	60009	1/3/11 12:00	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,554.07	3,554.07	11.14	199.67	77.98
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61001	1/8/11 16:18	PULAU SAMBU	PONTIANAK	3,750.93	3,750.93	10.55	220.64	98.00
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61002	1/15/11 03:30	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,762.83	3,762.83	10.91	671.93	93.50
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61003	1/21/11 22:00	DUMAI	PONTIANAK	3,745.79	3,745.79	20.98	559.07	90.59
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61004	1/29/11 04:15	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,634.14	3,634.14	10.50	84.51	80.04
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61005	2/4/11 19:12	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,675.63	3,675.63	4.55	196.56	83.38
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61006	2/10/11 20:24	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,667.91	3,667.91	9.12	564.29	92.22
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61007	2/18/11 17:30	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,693.50	3,693.50	10.42	923.37	91.04
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61008	2/26/11 02:36	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,726.21	3,726.21	10.56	315.78	88.52
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61009	3/5/11 21:12	PLAJU	PONTIANAK	2,942.72	2,942.72	10.28	221.26	75.33
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61011	3/18/11 07:06	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,710.81	3,710.81	10.87	239.41	88.87
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61012	3/26/11 19:12	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,725.52	3,725.52	9.97	357.08	89.94
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61013	3/31/11 16:54	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,742.30	3,742.30	10.99	232.44	89.78
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61014	4/6/11 18:24	PULAU SAMBU	PONTIANAK	3,737.72	3,737.72	9.69	219.87	94.11
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61015	4/15/11 14:00	PLAJU	PONTIANAK	3,437.69	3,437.69	9.67	203.41	77.48
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61016	4/22/11 16:45	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	2,355.25	2,355.25	10.50	-	50.79
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61017	4/30/11 23:54	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	2,846.14	2,846.14	10.13	209.27	62.97
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61018	5/7/11 18:00	PULAU SAMBU	PONTIANAK	3,729.50	3,729.50	9.71	215.58	93.32
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61019	5/14/11 15:00	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,678.66	3,678.66	8.61	166.46	80.69
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASA S	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61020	5/21/11 00:24	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,743.78	3,743.78	8.30	216.40	97.29
ANGGRAINI EXCELLENT EX	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61021	5/27/11 11:12	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,755.29	3,755.29	9.31	196.44	82.71

DASAS													
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASAS	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61022	7/14/11 22:06	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,727.42	3,727.42	7.76	208.24	83.61
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASAS	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61023	7/22/11 05:30	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,537.56	3,537.56	7.40	211.83	78.19
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASAS	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61024	7/27/11 23:59	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,231.28	3,231.28	8.41	178.52	71.08
ANGGRAINI EXCELLENT EX DASAS	SMALL TANKER II	3562	1998	CHARTER	61025	8/3/11 16:12	TANJUNG UBAN	PONTIANAK	3,731.16	3,731.16	8.35	207.29	83.05



Gambar L. 2 Proses Discharge Standar di Pelabuhan X

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



I. DATA DIRI

Nama Lengkap & Gelar : Ir. Mulyono, M.M., M.T.
Tempat, Tanggal Lahir : Bojonegoro, 11 September 1967
Alamat Rumah : Taman Cikas Blok A6 No. 4, RT 001 RW 025, Bekasi
Unit Kerja/Instansi : PT. Pertamina (Persero)
Alamat Email : mulyono.pkp@pertamina.com

II. RIWAYAT KELUARGA

Istri : Ir. Primarini M.T. (VP Marketing PT. Patra Niaga)
Anak I : Noni Nabila Ulfah S.T. (Alumni FTK ITS, Bekerja di Maerk Line)
Anak II : Lyonidhia Khairunnisa (Teknik Industri ITB)

III. RIWAYAT PENDIDIKAN

1998 - 2000 : S2-Teknik Industri Universitas Indonesia – QUT Australia,
Graduate Certificate in Engineering Management
1994 – 1997 : S2-Magister Manajemen, Jakarta
1986 – 1991 : S1-Teknik Listrik Arus Kuat, ITS Surabaya
1983 – 1986 : SMA Bojonegoro
1980 – 1983 : SMP Bojonegoro
1974 – 1980 : SD Bojonegoro

IV. PENGALAMAN KERJA

2015 – Sekarang : Komisaris PT. Pertamina Trans Kontinental
2013 – Sekarang : SVP Shipping PERTAMINA
2009 – 2013 : VP Shipping Operation PERTAMINA
2007 – 2009 : Manager Operasi Tanker BBM & BBK
2006 – 2007 : Manager Analisa Tonase
2001 – 2006 : Ast. Manager Tonnage I
2000 – 2001 : KA. Pengkajian Anggaran
1997 – 2000 : KA. Ren Tek & Adm
1997 – 1997 : Ast. Pengk. Ops. Armada Tanker
1996 – 1997 : Ast. Pengk. Legalitas
1995 – 1996 : Ast. Nav. Non Tanker
1993 – 1995 : Staf Dinas Penunjang Armada
1993 – 1993 : BPS K3LL PERTAMINA

V. TUGAS & TANGGUNG JAWAB

Menjamin tersedianya BBM, Atur, LPG, Non BBM Masyarakat dengan mengoperasikan sekitar 280 kapal tanker untuk dalam negeri dan *cargo* impor, dengan total *cargo* yang diangkut sekitar 110 Juta KL. Terjaminnya ketersediaan Minyak mentah kebutuhan Kilang. Mengelola 67 unit kapal tanker milik Pertamina. Mengelola 135 pelabuhan Pertamina di seluruh Indonesia. Mengelola bisnis 5 *dock yard* dan *under water service*. Membangun kapal baru Pertamina bekerjasama galangan dalam negeri dan luar negeri. Sebagai komisaris PT. Pertamina Trans Kontinental (PTK).

VI. KURSUS & PELATIHAN

1993 : Dasar Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL A)
1993 : Penyusunan Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL B)
1993 : Analisis Keselamatan Kerja (AKSA)
1993 : Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja
1994 : Penilai Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL C)
1994 : Daur Pakai, Daur Ulang, Pengambilan dan Pemanfaatan Kembali
1994 : Management System Analysis
1994 : Industrial Hazardous Waste Management
1994 : Manajemen Kebakaran dan Instalasi Listrik
1994 : Workshop Ozon Layer Protection, Oil Spill Contingency Planning
1995 : Oil Spill Management Courses
1995 : Safety Training Methode
1996 : International Management Code
1996 : Safety Management Technique
1996 : Shipping and Cost Management
1996 : Management Code Seminar
1997 : Maritime Law Short Courses
2000 : Analisis Keputusan Investasi
2001 : Manajemen Risiko
2001 : Management of Chage
2001 : Anatomy of Shipping
2002 : Leadership Development Program
2002 : Total Quality Management
2003 : Malcom Badrige National Quality Award
2003 : Senior Bussines Management Planning (SBMP)
2004 : Dynamic Team Building
2004 : Marketing Management
2008 : Transformation Leadership Engine

VII.KARYA TULIS

No.	Publikasi		Nama Penulis	Surat Persetujuan Pembimbing	
	Judul	Jurnal/Conference		Sudah	Belum
1	Applying Theory of Constraint to Identify the Constraint of Marine Transportation System	International Journal of Oceans and Oceanography ISSN 0973-2667 Volume 10, Number 2 (2016), pp. 173-190	Mulyono Djauhar Manfaat Tri Achmadi	√	
2	Implementing the Theory of Constraint to Optimize the Marine Transportation System Productivity: A Case Study of Company 'X'	Journal of Engineering and Applied Science 11 (9): 2085-2093, 2016 ISSN: 1816-949X – Medwell Journal	Djauhar Manfaat Tri Achmadi Mulyono	√	
3	Development of an Integrated Model Based on Theory of Constraint to Optimize the Performance of Marine Transportation System: A Case Study of Oil Transport	SENTA 2016 – International Conference of Theory And Application Maritime Technology – ITS Surabaya, 15 Desember 2016	Mulyono Djauhar Manfaat Tri Achmadi	√	
4	Applying Theory of Constraint (TOC) to Identify the Constraints of Marine Transportation System: A Case Study of Oil Transport	The 2nd ISST 2016 – International Seminar on Science and Technology – ITS Surabaya, 2 August 2016	Mulyono Djauhar Manfaat Tri Achmadi	√	